

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería de la Energía

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA CASA
ECOLÓGICA EN EL MARCO DEL SOLAR DECATHLON EUROPE
2019**



Memoria y Anexos

Autor: Medina Mañer, Samanta
Director: Martínez García, Herminio
Convocatoria: Junio 2019

Resum

L'objectiu del present document és dur a terme l'estudi de diferents escenaris energètics d'una casa ecològica dins el marc del Solar Decathlon Europe 2019 (SDE19). L'objectiu és realitzar una comparativa dels possibles escenaris energètics que pot haver en un habitatge i el cost que suposa la seva instal·lació. En primer lloc es plantejarà l'escenari sota les premisses del SDE19 i després es plantejaran escenaris alternatius. No obstant, l'estudi econòmic serà el punt més desenvolupat d'aquest treball.

El Solar Decathlon Europe va començar l'octubre del 2007 arran d'un acord entre el govern espanyol i dels Estats Units per crear el primer Solar Decathlon Europe, una competència complementària del Departament d'Energia dels Estats Units del Solar Decathlon. Es tracta d'un concurs a nivell estudiantil que pretén motivar els ciutadans cap a un futur més sostenible a nivell constructiu. Per això, en el SDE19 s'emfatitzarà la qualitat arquitectònica en la integració de les noves tecnologies i materials per a establir una sensació de confort a l'interior de l'habitatge i que al mateix temps maximitzi la seva eficiència. L'edició 2019 d'aquest concurs es durà a terme a Szentendre, a prop de la capital de Budapest, durant els mesos de juny i juliol. No obstant, es té prevista una segona vida útil de l'habitatge dins el recinte de la Universitat Politècnica de Catalunya del Besòs. Aquest document farà front a la segona opció, ampliant totes les seves fronteres per obtenir un estudi detallat de tots els escenaris de l'habitatge. [1]

És un treball que permet a l'usuari reflexionar sobre els seus hàbits i sobre la sostenibilitat, i com això afecta directament a la societat. Es proposaran diferents estratègies per tal d'accionar un canvi eco sistemàtic, de manera que l'usuari serà un pilar fonamental en el desenvolupament del projecte.

Darrera modificació d'aquest document: 4 de Juny de 2019

Resumen

El objetivo del presente documento es llevar a cabo el estudio de diferentes escenarios energéticos de una casa ecológica dentro del marco del Solar Decathlon Europe 2019 (SDE19). El objetivo es realizar una comparativa de los posibles escenarios energéticos que puede haber en una vivienda y el coste que supone su instalación. En primer lugar se va a plantear el escenario bajo las premisas del SDE19 y después se van a plantear escenarios alternativos. No obstante, el estudio económico va a ser el punto más desarrollado de este trabajo.

El Solar Decathlon Europe empezó en octubre del 2007 a raíz de un acuerdo entre el gobierno Español y de Estados Unidos para crear el primer Solar Decathlon Europe, una competencia complementaria del Departamento de Energía de Estados Unidos del Solar Decathlon. Se trata de un concurso a nivel estudiantil que pretende motivar a los ciudadanos hacia un futuro más sostenible a nivel constructivo. Para ello, en el SDE19 se enfatizará la calidad arquitectónica en la integración de las nuevas tecnologías y materiales para establecer una sensación de confort en el interior de la vivienda y que al mismo tiempo maximice su eficiencia. La edición 2019 de dicho concurso se llevará a cabo en Szentendre, cerca de la capital de Budapest, durante los meses de junio y julio. No obstante, se tiene prevista una segunda vida útil de la vivienda dentro del recinto de la Universidad Politécnica de Cataluña del Besós. Este documento hará frente a la segunda opción, ampliando todas sus fronteras para obtener un estudio detallado de todos los escenarios de la vivienda. [1]

Es un trabajo que permite al usuario reflexionar sobre sus hábitos y sobre la sostenibilidad, y como esto afecta directamente en la sociedad. Se van a proponer distintas estrategias con tal de accionar un cambio eco sistemático, por lo que el usuario va a ser un pilar fundamental en el desarrollo del proyecto.

Última modificación del presente documento: 4 de Junio de 2019

Abstract

The objective of this document is to carry out the study of different energy scenarios of an ecological house within the framework of the Solar Decathlon Europe 2019 (SDE19). The objective is to make a comparison of the possible energy scenarios of a house and the cost of installing them. The first scenario proposed will be under the SDE19 premises and then alternative scenarios will be considered. However, the economic study will be the most developed point of this project.

The Solar Decathlon Europe began in October 2007 as a result of an agreement between the Spanish Government and the United States to create the first Solar Decathlon Europe, a complementary competition of the Department of Energy of the United States of the Solar Decathlon. It is a contest for students that aims to motivate citizens towards a more sustainable future at a constructive level. To do this, the SDE19 will emphasize the architectural quality in the integration of new technologies and materials to achieve a sense of comfort in the interior of the house and at the same time maximize its efficiency. The 2019 edition of the competition will take place in Szentendre, near the capital of Budapest, during the months of June and July. However, a second life of the house is planned within the premises of the Polytechnic University of Catalonia del Besós. This document will be extended to the second option, expanding all borders to obtain a detailed study of all housing scenarios. [1]

It is a project that allows users to reflect on their habits and on sustainability, and how this affects directly in today's society. Different strategies will be proposed towards an eco systematic change, therefore, the user is a fundamental element in the development of the project.

Last modification of the present document: June 4th 2019



Agradecimientos

La realización de este proyecto ha sido intensa y gratificante a nivel personal. Desarrollar un trabajo desde cero siempre es un reto difícil de afrontar, pero que con una buena base y algo de ayuda se puede superar.

Quería agradecer en primer lugar al tutor de este trabajo, el profesor Herminio Martínez por facilitar información relacionada al trabajo, además de solucionar dudas de ingeniería que han surgido a lo largo de la elaboración del proyecto. En segundo lugar, quería agradecer al equipo TO, el responsable de darme la motivación para empezar este proyecto. Tener un equipo con el que contar, discutir diferentes soluciones y desenvolver un proyecto ha sido vital para la resolución final del proyecto.





Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Ejemplo de un equipo móvil. Fuente: Equipo TO.	3
Ilustración 2. Planta del prototipo. Fuente: Equipo TO.	5
Ilustración 3. Representación de la luz natural que entra la vivienda. Fuente: Equipo TO.	6
Ilustración 4. Célula solar. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	8
Ilustración 5. Curva I-V y Curva P-V de una célula solar. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	8
Ilustración 6. Característica I-U de una célula solar en función de la irradiación. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	9
Ilustración 7. Característica I-U de una célula solar en función de la temperatura de la célula. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	9
Ilustración 8. Aspecto de una célula mono cristalina, poli cristalina y amorfa, respectivamente. Fuente: Wikipedia.	10
Ilustración 9. Módulo fotovoltaico: Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	10
Ilustración 10. Conexión de células. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	11
Ilustración 11. Conexión de módulos en serie. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	12
Ilustración 12. Conexión de módulos en paralelo. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	12
Ilustración 13. Conexión de módulos serie/paralelo. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.	13
Ilustración 14. Componentes de un sistema fotovoltaico. Fuente: Sunsupply.	13
Ilustración 15. Descomposición de la radiación solar. Fuente: Apuntes de la universidad.	15

Ilustración 16. Mapa de la localización de estudio. Fuente: GoogleMaps. _____	17
Ilustración 17. Portal PVGIS. Fuente: Página web Joint Research Center. _____	17
Ilustración 18. Representación HSP de un día. Fuente: Apuntes de la universidad. _____	20
Ilustración 19. Distribución suelo radiante. Fuente: Propia. _____	22
Ilustración 20. Especificaciones de la bomba de calor. Fuente: Ficha técnica. _____	24
Ilustración 21. Balance energético de la vivienda. Fuente: Propia. _____	25
Ilustración 22. Dimensiones del panel fotovoltaico. Fuente: Ficha técnica SunPower X-Series X21-350-BLK DC. _____	29
Ilustración 23. Relación potencia y tiempo de descarga de una batería. Fuente: Apuntes de la universidad. _____	31
Ilustración 24. Descripción sistema sin conexión a red y sin almacenamiento. Fuente: Propia. ____	36
Ilustración 25. Descripción del sistema sin conexión a red pero con almacenamiento. Fuente: Propia. _____	37
Ilustración 26. Descripción del sistema con conexión a red y sin almacenamiento. Fuente: Propia.	39
Ilustración 27. Descripción del sistema con conexión a red y con almacenamiento. Fuente: Propia.	40
Ilustración 28. Tipos de contrato en la factura eléctrica. Fuente: Propia. _____	48
Ilustración 29. Tarifa eléctrica ENDESA. Fuente: Página oficial de ENDESA. _____	48
Ilustración 30. Tarifa eléctrica SOM ENERGIA. Fuente: Página oficial de SOM ENERGIA. _____	49
Ilustración 31. Producción neta acumulativa de energía durante la vida útil del sistema de energía. Fuente: Report IEA-PVPS-T10-01:2006 _____	65

Listado de tablas

Tabla 1. Datos genéricos diarios para cada mes de la localización proporcionados por el portal PVGIS. Fuente: Propia. _____	18
Tabla 2. Características del suelo radiante. Fuente: Propia. _____	21
Tabla 3. MAXA VE 93 OIP - 3 bancos de tubos. Fuente: Propia. _____	23
Tabla 4. MAXA VE 93 OIP – Batería de agua caliente . Fuente: Propia. _____	23
Tabla 5. MAXA VE 93 OIP - Sin escobilla. Fuente: Propia. _____	23
Tabla 6. OTA1 micro E35. Fuente: Propia. _____	23
Tabla 7. Listado de los equipos de la vivienda y de sus respectivas potencias. Fuente: Propia. _____	26
Tabla 8. Cálculo de la potencia contratada. Fuente: Propia. _____	26
Tabla 9. Características básicas del panel fotovoltaico. Fuente: Propia. _____	29
Tabla 10. Cálculo de la producción de energía de un panel fotovoltaico en Barcelona. Fuente: Propia. _____	29
Tabla 11. Características de la batería Ultracell UzV-3000 (OPzV). Fuente: Propia. _____	32
Tabla 12. Características principales inversor Sunny Mini Central 7000TL. Fuente: Propia. _____	44
Tabla 13. Características regulador Steca Power Tarom 4140. Fuente: Propia. _____	46
Tabla 14. Variación mensual de la tasa de electricidad debido al IPC. Fuente: Propia. _____	50
Tabla 15. Variación de la media anual de los próximos 10 años. Fuente: Propia. _____	50
Tabla 16. Términos de la factura de ENDESA ENERGIA (Escenarios base). Fuente: Propia. _____	53

Tabla 17. Términos de la factura de SOM ENERGIA ENERGIA (Escenarios base). Fuente: Propia.	54
Tabla 18. Comparación del coste de las facturas de ENDESA y SOM ENERGIA ENERGIA (Escenarios 1 y 3). Fuente: Propia.	54
Tabla 19. Coste de instalación Escenario SDE19. Fuente: Propia.	54
Tabla 20. Cálculo del VAN (Tarifa ENDESA). Fuente: Propia.	56
Tabla 21. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario SDE19 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.	57
Tabla 22. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario SDE19 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.	57
Tabla 23. Costes de instalación Escenario 1. Fuente: Propia.	57
Tabla 24. Costes de instalación Escenario 2. Fuente: Propia.	58
Tabla 25. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 2 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.	58
Tabla 26. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 2 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.	58
Tabla 27. Costes de instalación Escenario 3. Fuente: Propia.	59
Tabla 28. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 3 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.	59
Tabla 29. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 3 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.	59
Tabla 30. Costes de instalación Escenario 4. Fuente: Propia.	60
Tabla 31. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 4 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.	60

Tabla 32. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 4 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.	61
Tabla 33. Comparativa de conceptos generales de los diferentes escenarios. Fuente: Propia.	62
Tabla 34. Comparativa de la rentabilidad de los diferentes escenarios. Fuente: Propia.	63
Tabla 35. Retorno energético de los módulos fotovoltaicos. Fuente: Propia.	65
Tabla 36. Comparación emisiones de CO ₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario SDE19). Fuente: Propia	66
Tabla 37. Comparación emisiones de CO ₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 1). Fuente: Propia	66
Tabla 38. Comparación emisiones de CO ₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 2). Fuente: Propia.	66
Tabla 39. . Comparación emisiones de CO ₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 3). Fuente: Propia.	66
Tabla 40. . Comparación emisiones de CO ₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 4). Fuente: Propia.	66
Tabla 41. Desglose de los costes de recursos humanos del proyecto. Fuente: Propia.	68

Listado de gráficos

- Gráfico 1. Irradiación global sobre un plano fijo. Fuente: Propia. _____ 19
- Gráfico 2. Representación de la irradiación diaria de cada mes. Fuente: Propia. _____ 19
- Gráfico 3. Variación porcentual de la media anual de electricidad según datos oficiales del IPC.
Fuente: Propia. _____ 50

Glosario

- SDE19: Solar Decathlon Europe 2019
- ACS: Agua Caliente Sanitaria
- EEBE: Escola d’Enginyeria de Barcelona
- UPC: Universitat Politècnica de Catalunya
- PVGIS: Photovoltaic Geographical Information System
- GMS: grados, minutos, segundos
- GD: grados decimales
- IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido
- DH: Discriminación Horaria
- PVPC: Precio Voluntario al Pequeño Consumidor
- VAN: Valor Actual Neto
- VPN: Valor Presente Neto
- TIR: Tasa Interna de Retorno
- IPC: Índice de Precios de Consumo
- RD: Real Decreto

Índice

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
LISTADO DE ILUSTRACIONES	VII
LISTADO DE TABLAS	IX
LISTADO DE GRÁFICOS	XII
GLOSARIO	XIII
ÍNDICE	XIV
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos	1
2 DISEÑO DE LA VIVIENDA	3
2.1 Hábitos de los usuarios	3
2.2 Ciclos metabólicos	4
2.3 Arquitectura	4
3 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	7
3.1 Principio de funcionamiento	7
3.2 Módulos fotovoltaicos	10
3.3 Sistema fotovoltaico	11
3.4 Componentes de un sistema fotovoltaico	13
3.5 Ventajas y desventajas de un sistema fotovoltaico	14
4 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES FOTOVOLTAICAS	15
4.1 Irradiación	15
4.1.1 Tipos de radiación	15
4.1.2 Seguimiento solar	15
4.1.3 Irradiación en la localización de estudio	16

4.1.4	Datos de irradiación.....	18
4.2	Consumo energético	20
4.3	Producción de energía	28
4.4	Sistema de almacenamiento.....	30
4.4.1	Ejemplos de sistemas de almacenamiento	30
4.4.2	Sistema de almacenamiento de estudio	32
5	ESTUDIO DE DIFERENTES ESCENARIOS ENERGÉTICOS	34
5.1	ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE.....	34
5.1.1	Consumo energético ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE	34
5.1.2	Producción fotovoltaica ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE	34
5.1.3	Conclusiones ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE.....	35
5.2	ESCENARIO 1 – Sistema fotovoltaico sin conexión a red y sin sistema de almacenamiento	36
5.2.1	Consumo energético ESCENARIO 1.....	36
5.2.2	Producción fotovoltaica ESCENARIO 1	36
5.2.3	Conclusiones ESCENARIO 1	37
5.3	ESCENARIO 2 - Sistema fotovoltaico sin conexión a red y con sistema de almacenamiento	37
5.3.1	Consumo energético ESCENARIO 2.....	38
5.3.2	Producción fotovoltaica ESCENARIO 2	38
5.3.3	Conclusiones ESCENARIO 2	38
5.4	ESCENARIO 3 - Sistema fotovoltaico con conexión a red y sin sistema de almacenamiento	39
5.4.1	Consumo energético ESCENARIO 3.....	39
5.4.2	Producción fotovoltaica ESCENARIO 3	39
5.4.3	Conclusiones ESCENARIO 3	40
5.5	ESCENARIO 4 - Sistema fotovoltaico con conexión a red y con sistema de almacenamiento	40
5.5.1	Consumo energético ESCENARIO 4.....	41
5.5.2	Producción fotovoltaica ESCENARIO 4	41
5.5.3	Conclusiones ESCENARIO 4	41
5.6	Normativa vigente.....	42
6	ESPECIFICACIÓN DEL RESTO DE EQUIPOS	43
6.1	Inversor.....	43
6.2	Regulador	44

7	ESTUDIO ECONÓMICO	47
7.1	Variación del IPC	49
7.2	Valorización de la viabilidad de un proyecto: VAN, TIR y <i>Payback</i>	51
7.3	ESCENARIO BASE – Sin producción fotovoltaica	53
7.4	ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE 2019	54
7.5	ESCENARIO 1 - Sistema fotovoltaico sin conexión a red y sin sistema de almacenamiento	57
7.6	ESCENARIO 2 – Sistema fotovoltaico sin conexión a red y con sistema de almacenamiento	58
7.7	ESCENARIO 3 – Sistema fotovoltaico con conexión a red y sin sistema de almacenamiento	59
7.8	ESCEANRIO 4 – Sistema fotovoltaico con conexión a red y sin sistema de almacenamiento	60
8	COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS ENERGÉTICOS	62
9	HUELLA ECOLÓGICA	65
10	COSTE ECONÓMICO	68
11	CONCLUSIONES	69
12	REFERENCIAS	71
13	ANEXOS	75

1 Introducción

Los objetivos del trabajo se centran en la investigación, la innovación y el diseño para la futura construcción de una casa ecológica bajo las condiciones especificadas por la organización del concurso Solar Decathlon Europe 2019. Los límites de la sostenibilidad y la eficiencia van a ser los pilares para estudiar a lo largo del trabajo. No se pretende simplemente diseñar una vivienda energéticamente eficiente, si no que se quiere hacer al usuario partícipe de este cambio. Para ello, el usuario primero va a tener que entender el funcionamiento de todos los equipos que integren la vivienda. Una vez el usuario tenga clara la mecánica general, puede empezar a plantearse posibles cambios, ya sea desde convertir los residuos en recursos hasta la gestión inteligente del confort interior.

1.1 Motivación

La motivación principal para la realización del presente proyecto ha sido la posibilidad de estudiar un caso real a nivel energético. No sólo se va a llevar a cabo el diseño de la vivienda, en el que va a ser primordial el ámbito energético, si no que también se va a ir a Szentendre, a las afueras de Budapest (Hungría) a construir el prototipo y así poder ser evaluado por el jurado de la organización. El sector energético es un sector que requiere de innovaciones pero que presenta mucho futuro. Un sector que no sólo conlleva mejoras en las condiciones en las que vive un ciudadano, si no que también conlleva mejoras a nivel medioambiental. La eficiencia energética es un tema que está en auge y no es extraño que este sea el motivo que me ha llevado a hacer este trabajo. Además, el prototipo, una vez acabado el concurso, va a ser desmontado y trasladado a Barcelona en el que se desarrollará su segunda vida útil.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del presente documento es estudiar diferentes escenarios energéticos que se pueden dar en una vivienda cotidiana. No obstante, el estudio se va a aplicar a una vivienda diseñada por estudiantes de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) la cual se especifica más adelante. No sólo se llevará a cabo un estudio del escenario del concurso, en que se tendrán que seguir ciertos criterios, si no que también se hará un estudio de distintos escenarios sin tener en cuenta las restricciones impartidas por la organización. Para cada uno de los escenarios energéticos se va a llevar a cabo un estudio económico detallado y uno de las emisiones de CO₂ que conlleva que deje constancia del escenario más óptimo.

A título orientativo, los capítulos principales que se van a desenvolver en este proyecto son:

- Descripción de la vivienda de estudio y del consumo energético que presenta
Se llevará a cabo una descripción de la localización, tanto de las especificaciones externas como bien sería el clima, como de especificaciones internas a la vivienda que vendría refiriéndose al consumo energético de todas las cargas de esta.
- Descripción de los diferentes escenarios energéticos a estudiar
El presente trabajo va a consistir en un total de seis escenarios energéticos que basan su producción energética en un sistema fotovoltaico y que se diferencian principalmente por dos aspectos; la conexión a red y la introducción de un sistema de almacenamiento. En primer lugar, estará el escenario bajo las condiciones del SDE19, en segundo lugar un escenario base en que no contemple sistema fotovoltaico y que servirá para llevar a cabo una comparativa con los cuatro escenarios restantes.
- Dimensionamiento de los escenarios energéticos planteados
Cada uno de los escenarios planteados va a tener unas necesidades fotovoltaicas u otras que van a comportar diferentes equipos. En este apartado se va a dimensionar y especificar cada una de las necesidades de cada escenario.
- Estudio económico de cada escenario energético
Al tratarse de diferentes escenarios con distintas especificaciones, el coste va a variar en cada caso. En este punto se va a tener en cuenta tanto los costes de instalación de un sistema fotovoltaico, como del ahorro en la factura eléctrica que conlleva dicha instalación en cada uno de los escenarios planteados. Este va a ser el apartado más extenso del trabajo, en el que también se compare la viabilidad de cada escenario.
- Huella ecológica de cada escenario energético
Finalmente se va a llevar a cabo un estudio de las emisiones de CO₂ de cada uno de los casos descritos con tal de realizar un estudio medioambiental de cada escenario.

2 Diseño de la vivienda

La mayoría de las casas en el siglo XX y XI todavía se piensan con una distribución tradicional con salas ya establecidas según las actividades que se vaya a realizar en ellas. Se entiende que una persona puede satisfacer sus necesidades vitales en distintos espacios dentro de un entorno urbano, no obstante, se quiere proporcionar un mínimo de recursos básicos para satisfacer las necesidades de una persona en una vivienda. El principio que va a ser clave a lo largo de este trabajo va a ser la ecología. El objetivo va a ser acercar el modo de vida del habitante al comportamiento natural de los flujos metabólicos con tal de establecer un metabolismo lo más circular posible, en el que todo pueda reciclarse y reutilizarse. Es difícil concebir este cambio dentro de una vivienda actual, por lo que un punto importante del trabajo va a ser el estudio de los hábitos que una persona lleva a cabo en su día a día y como poder cambiarlos.

2.1 Hábitos de los usuarios

La vivienda se entiende como una serie de posibilidades que permiten al usuario ser creativo con su modelo de vida. En otras palabras, no están definidos los diferentes espacios de la vivienda para usos determinados, si no que las actividades son móviles en la mayor parte posible. Se va a focalizar una zona central climatizada, en la que centrar las actividades en comunidad. No obstante, van a existir distintos espacios más íntimos que no tendrán una función específica, si no que se deja al gusto del consumidor. Este cambio de hábito permite, entre otros aspectos, adaptar las actividades del ciudadano a las diferentes estaciones anuales.

Por otro lado, los electrodomésticos y utensilios de la casa adoptan un carácter mucho más dinámico. Al existir salas como bien serían el salón, el lavabo o el dormitorio que se pueden desplazar de una zona a otra de la vivienda dependiendo de la época del año, hará que los electrodomésticos hagan lo mismo. El haber que realizar cambios implica que el consumidor sea consciente de todos los equipos necesarios para llevar a cabo sus actividades dentro del lugar, por lo que se vuelve más selectivo a la hora de utilizarlos. [30]

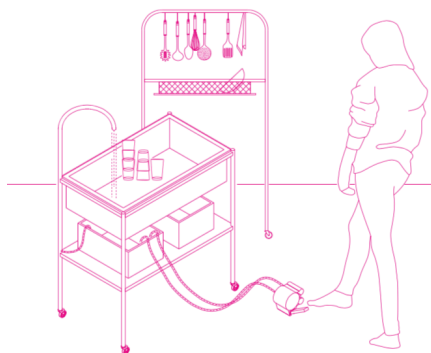


Ilustración 1. Ejemplo de un equipo móvil. Fuente: Equipo TO.

De esta manera, se crea una conciencia real de impacto ambiental de los hábitos cotidianos. Lo que se pretende es que poco a poco el consumidor sea más consciente de cuándo está consumiendo un recurso y en qué medida y defina nuevos modelos de vida que cada vez sean más eficientes y sostenibles.

2.2 Ciclos metabólicos

Se requieren muchos recursos para satisfacer las necesidades del usuario dentro de una casa. Una vez se usa uno de estos recursos, suele tratarse como un desperdicio y se rechazan otras posibilidades de reutilizarlo. Cerrar los ciclos metabólicos consiste en utilizar la materia como un recurso de manera ininterrumpida: transformar después del uso para que este material vuelva a ser una materia útil.

A la hora de diseñar este prototipo ha sido vital estudiar los ciclos que pueden ser modificados. Por un lado, la mayoría de las actividades que utilizan agua son actividades destinadas a la limpieza. Esto significa que las actividades relacionadas con este flujo no consumen agua, si no que se utilizan como un medio para deshacerse de lo no higiénico. Antes y después de la actividad, la cantidad de agua es la misma, lo que varía es lo que contiene. Para evitar el uso de agua potable y limpia para todas las actividades se ha llevado a cabo una separación de aguas. En primer lugar, el agua potable, en segundo lugar el agua de lluvia y finalmente el agua gris. Por ejemplo, es un desperdicio defecar en agua limpia cuando existen soluciones mucho más óptimas. En el caso del prototipo de estudio se ha decidido instalar un inodoro seco. Por otro lado, el ciclo material también se puede innovar transformando los residuos en materia orgánica por ejemplo para el huerto de la vivienda. Si consideramos todo el ciclo de alimentos (cultivo-cosecha-transporte-conservación-desperdicio), nos damos cuenta que desde una vivienda solo podemos tener un impacto en los dos últimos. En Europa más del 30% de los alimentos que se meten en el refrigerador son olvidados y finalmente desperdiciados, por lo que un ciclo más eficiente conllevaría grandes cambios en una vivienda. En el caso de estudio se ha habilitado una zona en que existen condiciones de temperatura frías que se consiguen de forma natural, en comparación a frigoríficos que son mucho más dañinos para ciertos alimentos a lo largo del tiempo. [30]

2.3 Arquitectura

Las casas, en la mayoría de los lugares y épocas, se han formado por habitaciones dimensionadas según sus propósitos y limitadas en número por los recursos económicos y las técnicas que permitieron cubrirlas. Las habitaciones se asignaron por conjuntos de actividades, y los espacios se describieron como; salas de estar, comedores, dormitorios, ... En 1900, Frank Lloyd Wright ideó una nueva manera de distribuir las viviendas en que las habitaciones seguían siendo una unidad básica, pero las áreas públicas se mezclaban para evitar las zonas pequeñas y así crear un ambiente más grande y familiar. En el prototipo de estudio se ha querido llevar esto a un nivel más alto. Cada individuo es el resultado de todo lo que ha aprendido a lo largo de su vida e impuesto por la sociedad

y cultura en la que vive. El ser humano se limita a imitar las acciones de los demás, por lo que, aunque al principio parezca extraño, un cambio de hábito puede darse si hay un primer modelo que se lo muestre al resto. Este prototipo quiere precisamente eso, educar a los ciudadanos hacia un cambio de hábitos que se rijan por la sostenibilidad. Pero para que haya un cambio de hábitos, tiene que existir un cambio en la arquitectura de una vivienda.

A nivel arquitectónico se quiere crear diferentes atmosferas que se definan en la mayor medida posible a partir de estrategias climáticas pasivas. Para ello, el enfoque del edificio es primordial. El edificio se calienta en la cara Sur y se enfría gradualmente hacia el Norte. En cuanto a las fachadas Este y Oeste, se abstraen como límites adiabáticos, es decir, que no intercambian energía con el exterior. Los dos últimos serán los llamados muros de recursos. El lado Este va a ser el encargado de cubrir las condiciones óptimas para el almacenamiento de agua, y el lado Oeste para el almacenamiento de materia orgánica. No obstante, también existe un espacio para maquinaria y similares.

Anteriormente se ha comentado que tanto el agua como la materia orgánica son parte de los ciclos metabólicos que se quieren modernizar. También se ha comentado que para modernizarlos, debe existir un entendimiento por parte de los usuarios en cuanto a la relación recurso-desperdicio-recurso que son los que llevará a cabo estas actividades y por lo tanto el cambio en sí. Los dos muros de recursos son transparentes por lo que será fácil reconocer cada equipo y las actividades que desempeñan cada uno de ellos. También los electrodomésticos móviles incorporan información visual de su estado, como bien podría ser el nivel de agua. Transmitir toda esta información es el primer paso hacia un cambio de hábitos por parte del usuario.



Ilustración 2. Planta del prototipo. Fuente: Equipo TO.

Dentro de la vivienda se han definido tres tipos de relaciones sociales para poder referirse a las distintas zonas y que dan sentido a la distribución de lo que en su momento llamamos salas. En primer lugar, lo colectivo, que implica a diversas personas y que viene refiriéndose a la zona central de la casa, lo íntimo, que se hace con personas con un mínimo de cercanía, y se refiere a las habitaciones y lo privado, que se limitan al uso personal y sería el espacio del lavabo.

También está el tema de la iluminación, que consume mucho en una vivienda común pero también tiene mucho potencial de mejora. No solo es importante tener suficiente luz disponible tanto durante el día como durante la noche si no que también es importante los efectos psicológicos de la luz hacia las personas. Una de las soluciones más eficientes a la hora de diseñar el prototipo ha sido intensificar la iluminación natural, que se consigue a través de las fachadas norte y sur que tienen grandes aberturas que permiten la entrada de luz. No obstante, también es importante que haya espacios con oscuridad, por lo que se requerirá de iluminación extraordinaria. Existen diferentes niveles de luz relacionados con el uso del espacio. En primer lugar, hay una luz de base general, que se puede regular dependiendo del uso del espacio, especialmente en el espacio central (área de estar). En segundo lugar, las luces que se enfocan en dispositivos puntuales y no flexibles. Esas luces pueden ser reguladas y han sido compatibles con la luz (líneas de LED), pero su uso principal será centrarse en los dispositivos puntuales. Y la tercera tipología es el dispositivo de luz artificial. Éste se puede colocar alrededor del prototipo y complementará la luz general dependiendo de la actividad que se llevará a cabo.

Se ha calculado el factor de luz diurna dentro del edificio con el programa Velux. El factor de la luz del día es superior al 2% en cualquier condición climática. En la parte central no llega la misma luz que en el resto de la vivienda por lo que las actividades comunes que requieren mucha luz serán apoyadas por la luz artificial. [30]

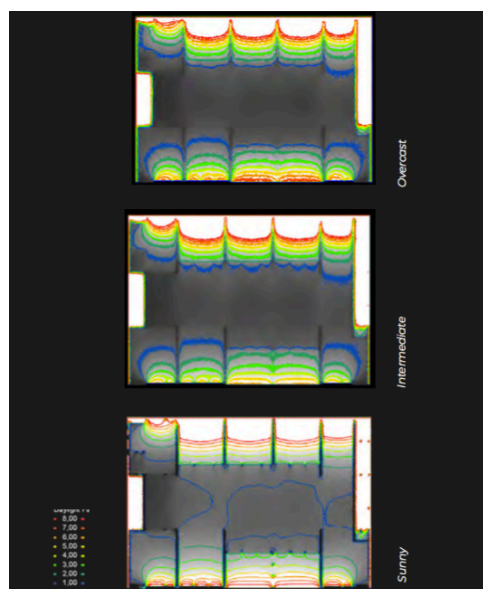


Ilustración 3. Representación de la luz natural que entra la vivienda. Fuente: Equipo TO.

3 Instalaciones fotovoltaicas

3.1 Principio de funcionamiento

Los materiales pueden clasificarse, de acuerdo a su resistividad, en conductores, aislantes y semiconductores. Los primeros tienen una estructura electrónica que les permite conducir corriente eléctrica a baja temperatura, por lo que la resistividad que presentan frente a una corriente eléctrica es muy baja. Los segundos, son materiales que no permiten la conducción eléctrica, por lo que la resistividad frente a una corriente eléctrica es muy elevada. Los terceros se encuentran entre los primeros y los segundos, ya que solo permiten la conducción de una corriente eléctrica a elevadas temperaturas. [8]

Todos los paneles solares utilizan células solares que se encargan de capturar la energía solar para crear electricidad y poder satisfacer las necesidades energéticas de un hogar. Las células solares se fabrican con materiales semiconductores y el material más usado es el silicio. Los átomos de silicio tienen su orbital externo incompleto con solo cuatro electrones de valencia, es decir, cuatro electrones en la capa de mayor nivel de energía del átomo. Los materiales semiconductores dependen de una fuente energética externa, como la radiación solar, para que excite los electrones del material. Si esta fuente de energía proporciona más energía a un electrón de valencia que la atracción que hace el núcleo sobre este, el electrón de valencia sale de su órbita creando un hueco en la red cristalina, y puede empezar a viajar por el material, por lo que el material se vuelve conductor. Este hueco va a estar ocupado por otro electrón que haya saltado de otro átomo del material. Cada vez que un electrón encuentra un hueco, lo ocupa y libera la energía adquirida previamente en forma de calor, formando un campo eléctrico, por lo que aparece una diferencia de potencial. Por lo tanto, el efecto fotovoltaico no es más que la conversión de la luz en una diferencia de potencial, conocida con el nombre de tensión de circuito abierto U_{oc} o U_{ac} , cuando no hay ningún receptor conectado. Para que el campo eléctrico creado sea constante, en otras palabras, para conseguir la separación de electrones y huecos, se utiliza una unión de semiconductores P-N. Es decir, una zona del material tiene exceso de electrones (carga negativa) y la otra zona tiene déficit (carga positiva). Los electrones de la región N se difunden en la región P debido a la atracción de cargas para ocupar los huecos de esta. [9]

Como bien muestra la Ilustración 4 una célula solar es una unión PN que tanto en la región P como en la N se encuentra un circuito eléctrico conectado. La resistencia del receptor conectado va a condicionar la diferencia de potencial (U_L), que equivale al producto de la intensidad producida por la célula (I_L) por el valor de dicha resistencia (R), de acuerdo a la Ley de Ohm.

$$U_L = I_L \cdot R$$

Eq. 3.1

Si se cortocircuita la célula, es decir, la resistencia es nula, la intensidad que pasa, que circulará siempre y cuando la célula está iluminada, se conoce como corriente de cortocircuito (I_{SC}).

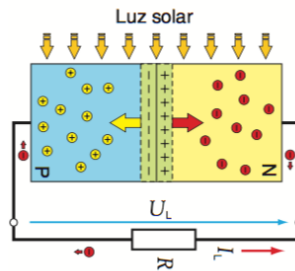


Ilustración 4. Célula solar. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

Una forma más completa de expresar la Ley de Ohm es incluyendo la fórmula de potencia eléctrica.

$$P_L = U_L \cdot I_L$$

Eq. 3.2

En la Ilustración 5, se observa el comportamiento de la célula solar para distintas intensidades y voltajes de trabajo. No obstante, hay un punto donde tanto la intensidad (I_{MPP}) como el voltaje (U_{MPP}) alcanzan su valor máximo. Este punto es conocido como punto de máxima potencia (P_{MPP}). Estos puntos definirán la eficiencia de la célula (η), expresada en tanto por ciento. La eficiencia varía en función del tipo de célula, pero suele estar alrededor del 10%.

$$\eta = \frac{U_{MPP} \cdot I_{MPP}}{G \cdot A} \cdot 100$$

Eq. 3.3

Donde:

G: irradiación en condiciones CEM (1000 W/m^2)

A: área superficial de la célula solar (m^2)

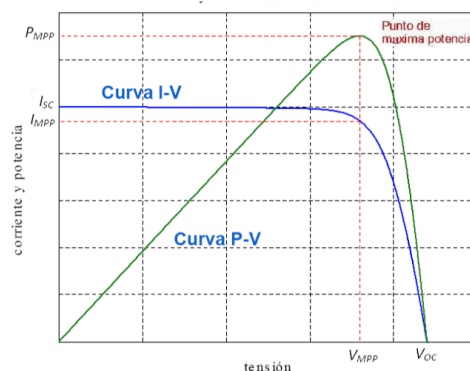


Ilustración 5. Curva I-V y Curva P-V de una célula solar. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

Una célula solar es un generador de corriente y no de voltaje, que viene definida por la radiación solar incidente, el voltaje de trabajo y la temperatura de trabajo. En la Ilustración 6 se observa que la intensidad eléctrica de las células es directamente proporcional a la intensidad de la radiación incidente. En cuanto a la temperatura, en la Ilustración 7 se puede observar que a más temperatura, menor es el voltaje de la célula e igual es la intensidad, por lo que la potencia que entrega la célula disminuye y menor es su rendimiento.

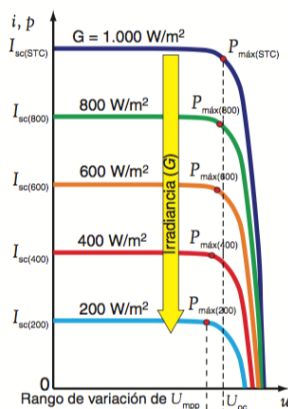


Ilustración 6. Característica I-U de una célula solar en función de la irradiación. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

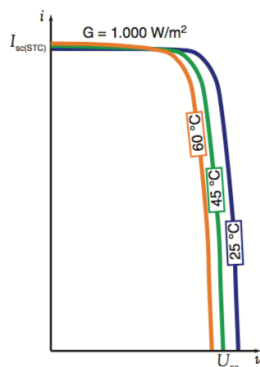


Ilustración 7. Característica I-U de una célula solar en función de la temperatura de la célula. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

Ya se ha comentado anteriormente que las células más utilizadas son las de silicio. No obstante, existen distintos tipos de células dentro de este grupo, que se describen por el material y tecnología empleada en su construcción. A continuación, se nombran los tres tipos principales con sus respectivas características y aspecto. [11]

1. Célula mono cristalina

- Estructura cristalina uniforme
- Forma cilíndrica debido al proceso de crecimiento del cristal de silicio mono cristalino
- Difícil fabricación

- Precio más elevado de construcción al ser la más elaborada
 - Eficiencia: 15-18%
2. Célula poli cristalina
- Estructura cristalina no uniforme
 - Forma rectangular debido a que el silicio se deja solidificar lentamente en un molde rectangular durante su proceso de fabricación
 - Precio medio de fabricación
3. Célula amorfa
- Estructura no cristalina
 - Vienen en paneles continuos con poca anchura y sin necesidad de interconexiones interiores
 - Presentan menor densidad de potencia por lo que requieren mayor número de paneles y por lo tanto más espacio
 - Precio bajo de fabricación
 - Eficiencia: 6-9%

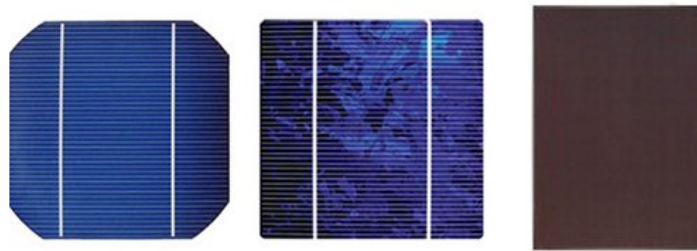


Ilustración 8. Aspecto de una célula mono cristalina, poli cristalina y amorfa, respectivamente. Fuente: Wikipedia.

3.2 Módulos fotovoltaicos

Un módulo fotovoltaico se puede describir como la unión de varias células fotovoltaicas, normalmente entre 36 y 96 células conectadas en serie, que consiguen establecer tensiones mucho más elevadas que no las células por si solas. No obstante, hay otros elementos que constituyen un módulo fotovoltaico, como bien seria el aislamiento eléctrico o las protecciones de elementos externos.

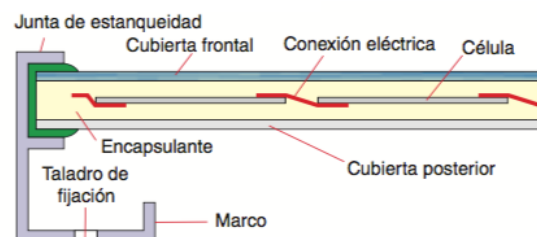


Ilustración 9. Módulo fotovoltaico: Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

De manera simplificada, los elementos que componen un módulo fotovoltaico son:

- Cubierta frontal o exterior: capa protectora frente a agentes externos que suele ser de vidrio templado de 3 o 4 mm de espesor y que funciona como buen transmisor de la radiación solar.
- Cubierta posterior o interior: capa protectora de la humedad y que hace de aislante eléctrico. Se suele usar una capa de polivinilo fluoruro, también conocido como TEDLAR, o de poliéster.
- Encapsulante: funciona como protección de las conexiones entre células además de vibraciones e impactos, a la vez que permite el acoplamiento entre la cubierta frontal y posterior.
- Marco: es la parte que proporciona rigidez al módulo y que irá colocado en la estructura de soporte por lo que ayuda a fijar el sistema
- Conexiones: equipo que incorpora los bornes de conexión positivo y negativo del módulo y los diodos *by-pass* y que permite la conexión entre módulos.
- Células: como bien se ha dicho anteriormente, las células solares se encargan de capturar la energía solar para crear electricidad. Mediante un cintas metálicas se une la cara frontal (negativo) de una célula con la cara posterior (positivo) de la siguiente.

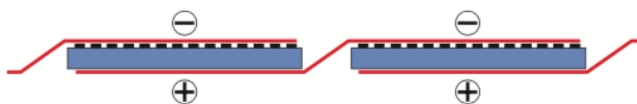


Ilustración 10. Conexión de células. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

3.3 Sistema fotovoltaico

Existen diversos componentes dentro de un sistema fotovoltaico complejo, de los cuales los más importantes son los paneles fotovoltaicos, los inversores, los reguladores y el sistema de almacenamiento. Estos deben estar conectados de cierta manera con tal de conseguir valores adecuados de tensión y intensidad para que el sistema no se dañe y tenga una vida útil larga.

En primer lugar, los módulos fotovoltaicos pueden o bien conectarse en serie o bien en paralelo. La primera conexión elevará la tensión del generador, mientras que la segunda elevará la intensidad del generador. No obstante, se suele emplear una conexión serie/paralelo con tal de elevar ambos.

Conexión en serie:

$$I_L = I_M \quad \text{Eq. 3.4}$$

$$U_G = N_S \cdot U_M \quad \text{Eq. 3.5}$$

Donde:

I_G : intensidad del generador (A)

I_M : intensidad del módulo (A)

U_G : tensión del generador (V)

N_S : número de módulos conectados en serie

U_M : tensión del módulo (V)

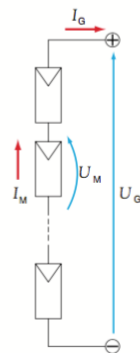


Ilustración 11. Conexión de módulos en serie. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

Conexión en paralelo:

$$I_G = N_P \cdot I_M$$

Eq. 3.6

$$U_G = U_M$$

Eq. 3.7

Donde:

N_P : número de módulos conectados en paralelo

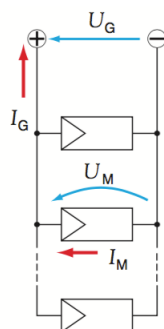


Ilustración 12. Conexión de módulos en paralelo. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

Conexión serie/paralelo:

$$I_G = N_P \cdot I_M \quad \text{Eq. 3.8}$$

$$U_G = N_S \cdot U_M \quad \text{Eq. 3.9}$$

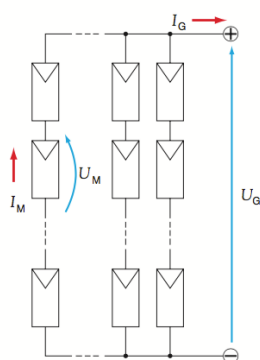


Ilustración 13. Conexión de módulos serie/paralelo. Fuente: Libro instalaciones solares fotovoltaicas.

3.4 Componentes de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico puede estar compuesto por varios equipos que variarán en función del sistema específico que se instale. Por ejemplo, no será lo mismo un sistema conectado a la red que uno que no lo esté, o uno que incluya un sistema de almacenamiento o que no lo haga. De todos modos, a continuación, se van a explicar los posibles equipos que nos podemos encontrar en un sistema fotovoltaico de cualquier tipo.

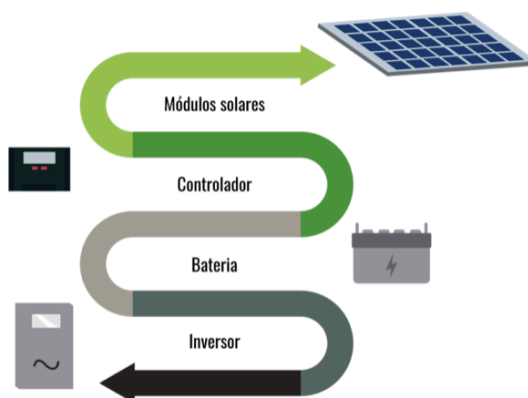


Ilustración 14. Componentes de un sistema fotovoltaico. Fuente: Sunsupply.

- Módulos solares: Es la fuente generadora que aprovecha la radiación solar para transformarla en energía eléctrica (con corriente continua (DC)).
- Banco de baterías: Sistema de almacenamiento óptimo que acumula la energía sobrante con tal de utilizarla cuando el recurso fotovoltaico no sea suficiente o falle.
- Regulador o controlador (DC/DC): Componente previo a las baterías que se asegura de proporcionar la energía de forma eficiente de tal manera que no dañe las baterías y se minimice su vida útil al ser dañadas.
- Inversor (DC/AC): Equipo que transforma la corriente continua (DC) que proviene de las baterías en corriente alterna (AC) para poder abastecer las cargas de una vivienda.
- Transformador elevador/reductor: Elemento que aumenta o disminuye el voltaje para poder conectar el sistema fotovoltaico (a baja tensión) a la red eléctrica general (voltaje elevado). El primer caso sería en el caso que se quisiera vender la energía sobrante, por lo que la dirección sería del sistema fotovoltaico hacia la red eléctrica. El segundo caso sería en el caso que no se pudiera cubrir toda la demanda con el sistema fotovoltaico y se tendría acceso a la red eléctrica para dar apoyo y poder cubrir dicha demanda. [16]

3.5 Ventajas y desventajas de un sistema fotovoltaico

Si los sistemas solares se usan cada vez con más frecuencia a nivel doméstico es gracias a las ventajas que presenta, entre las que se pueden destacar:

- Es un recurso renovable y por lo tanto infinito
- No se generan gases de efecto invernadero al producir electricidad
- Aplicable incluso en lugares remotos en que no existen otras fuentes de energía disponibles
- Prácticamente no requiere de mantenimiento
- Reduce la factura eléctrica de un hogar

No obstante, también existen ciertas desventajas que hay que considerar y que se describen a continuación:

- Recurso impredecible ya que depende del clima
- Requiere de una gran inversión inicial para su implantación
- Los paneles fotovoltaicos tienen poca eficiencia por lo que se necesita una mayor cantidad de estos que a su vez significa un mayor espacio para su implantación

4 Cálculo de las necesidades fotovoltaicas

4.1 Irradiación

4.1.1 Tipos de radiación

La radiación solar puede descomponerse en tres: radiación directa, radiación difusa y radiación reflejada. La primera, conocida también como DNI (Direct Normal Irradiance) es aquella que llega directamente sin ser dispersada (por nubes, polvo, aerosoles...). La segunda es aquella que llega después de haber incidido con cualquier elemento del cielo, como por ejemplo una nube. La tercera es aquella que llega después de haber incidido con el suelo o el agua.

Por último, se conoce a la suma de la radiación directa y de la radiación difusa recibidas en un plano horizontal como GHI (Global Horizontal Irradiance). [10]

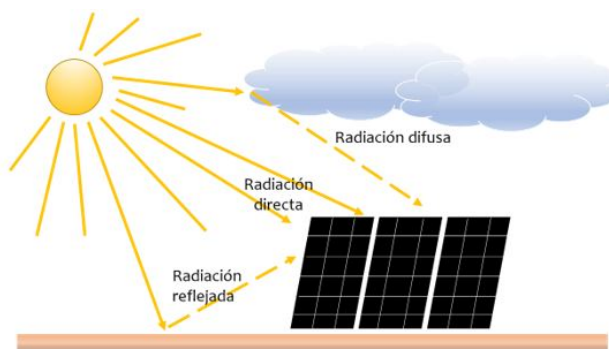


Ilustración 15. Descomposición de la radiación solar. Fuente:

4.1.2 Seguimiento solar

Las distintas estaciones del año se dan a causa de la diferencia del ángulo de incidencia de los rayos del Sol. En los meses de invierno, los rayos solares inciden con mayor inclinación sobre la atmósfera y calientan mucho menos que en meses de verano ya que el calor se tiene que repartir en un espesor mayor de atmósfera. Por lo tanto, la intensidad del Sol es mayor donde los rayos lleguen más perpendiculares.

Un seguidor solar es un dispositivo mecánico que orienta los paneles de la manera necesaria para recibir los rayos del sol de forma perpendicular a lo largo del día y así aumentar la efectividad de estos. Existen dos tipos principales de seguimiento solar.

1. En un eje

Sigue una trayectoria Este-Oeste con tal de seguir la trayectoria del Sol, aunque existen distintos tipos dentro de esta categoría. Los mecanismos de seguimiento solar en un eje son sencillos y ofrecen

muchas ventajas respecto a un sistema sin seguimiento solar, que es más limitada y por lo tanto menos eficiente.

2. En dos ejes

Sigue tanto una trayectoria Este-Oeste, como una trayectoria Norte-Sur con tal de maximizar la captación solar en todo momento, tanto para las distintas horas del día como para las distintas estaciones del año. Aunque resulten en un rendimiento mayor, suponen en una mayor complejidad y un mayor coste respecto los anteriores.

Ambos cuentan con control tanto automático como manual. Por un lado, los automáticos suelen ser para instalaciones de gran tamaño y cuentan con microprocesadores que determinan la posición del Sol. Por otro lado, los manuales suelen encontrarse en instalaciones de tamaño más pequeño. [4] [7]

No obstante, para instalaciones de pequeño tamaño, como bien sería una vivienda, no se suele instalar un sistema de seguimiento solar ya que aumenta mucho el coste de implementación y de mantenimiento y los resultados no varían mucho respecto a un sistema sin seguimiento solar. Además, son sistemas complejos y pesados, difíciles de instalar en un tejado. Es por ello que para la vivienda de estudio no se ha considerado ningún tipo de seguimiento solar, aunque sí que se instalarán los paneles teniendo en cuenta la inclinación óptima que proporciona el portal PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). [2]

4.1.3 Irradiación en la localización de estudio

Como bien se ha mencionado anteriormente, la localización escogida para la implementación del prototipo es Barcelona, en concreto dentro del recinto del campus EEBE (Escola d'Enginyeria de Barcelona) de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya). Es imprescindible conocer las coordenadas exactas con tal realizar el estudio fotovoltaico de la vivienda.

Las coordenadas exactas donde se situará el prototipo son:

- Coordenadas GD (grados decimales):
Latitud: 41,4158333
Longitud: 2,225
- Coordenadas GMS (grados, minutos, segundos):
Latitud: 41°24'57,6" N
Longitud: 2°13'30" E



Ilustración 16. Mapa de la localización de estudio. Fuente: GoogleMaps.

En primer lugar, se ha querido hacer un estudio de la irradiación en la localización. Los datos correspondientes al recurso solar se han extraído de la página web Joint Research Center que da acceso al portal PVGIS, que ofrece la información de la irradiación para cualquier zona del mundo. La página web, una vez establecida la localización, da la inclinación óptima a la que deberían situarse los paneles con tal de obtener la máxima irradiación posible. No obstante, a veces no es posible situarlos a dicho ángulo, por lo que la página también proporciona los datos a una inclinación horizontal o a una inclinación cualquiera escogida.

Al tratarse de un prototipo sin limitaciones constructivas, se ha decidido llevar a cabo con la inclinación óptima que determina el portal PVGIS, que en el caso de Barcelona resulta ser de 37° . Por otro lado, los paneles se situarán en dirección Sur, es decir, con un ángulo acimutal de 180° . Esta es la orientación más idónea ya que la vivienda va a recibir la mayor irradiación a lo largo del día y por lo tanto el sistema fotovoltaico será más efectivo.

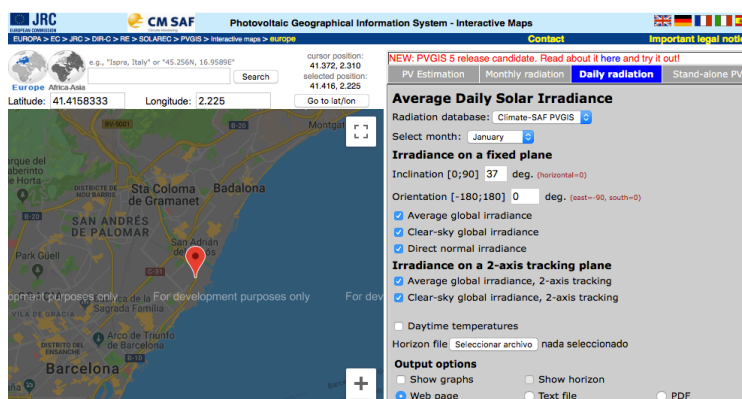


Ilustración 17. Portal PVGIS. Fuente: Página web Joint Research Center.

4.1.4 Datos de irradiación

A continuación, se presentan los datos de la irradiación para cada mes del año que ofrece el portal PVGIS dentro de la opción “Radiación mensual”. Teniendo en cuenta los valores para la inclinación óptima, el mes que mayor radiación recibe es el mes de junio, con un promedio diario de 6740 Wh/m².

Mes	H _h	H _{opt}	H ₍₉₀₎	lopt	T _{24h}
Enero	2120	3890	3990	65	10,5
Febrero	3070	4860	4430	58	10,1
Marzo	4630	6030	4520	45	12
Abril	5430	5950	3430	29	14,2
Mayo	6680	6480	2900	16	16,8
Junio	7380	6740	2570	8	20,6
Julio	7350	6900	2760	12	23,8
Agosto	6320	6610	3390	24	24,3
Septiembre	4850	5930	4050	39	22,3
Octubre	3520	5090	4320	53	19,4
Noviembre	2300	3990	3940	63	15
Diciembre	1870	3660	3900	68	11,8
Promedio anual	4626,67	5510,83	3683,33	40,00	16,73

Tabla 1. Datos genéricos diarios para cada mes de la localización proporcionados por el portal PVGIS. Fuente: Propia.

Donde:

H_h: Irradiación sobre plano horizontal (Wh/m²/día)

H_{opt}: Irradiación sobre un plano con una inclinación óptima (Wh/m²/día)

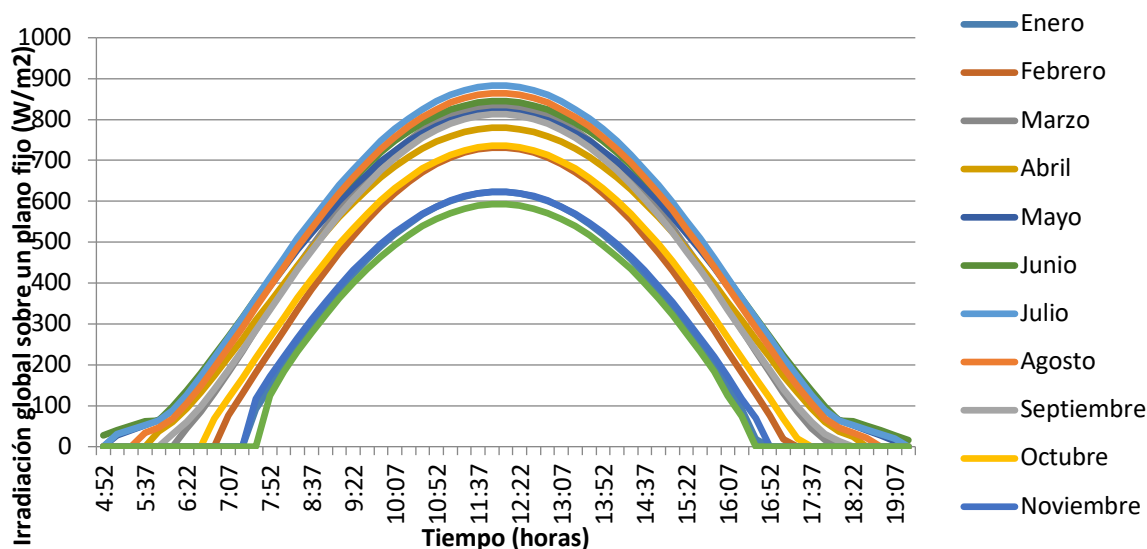
H₍₉₀₎: Irradiación sobre un plano inclinado 90 grados (Wh/m²/día)

lopt: Inclinación óptima (grados)

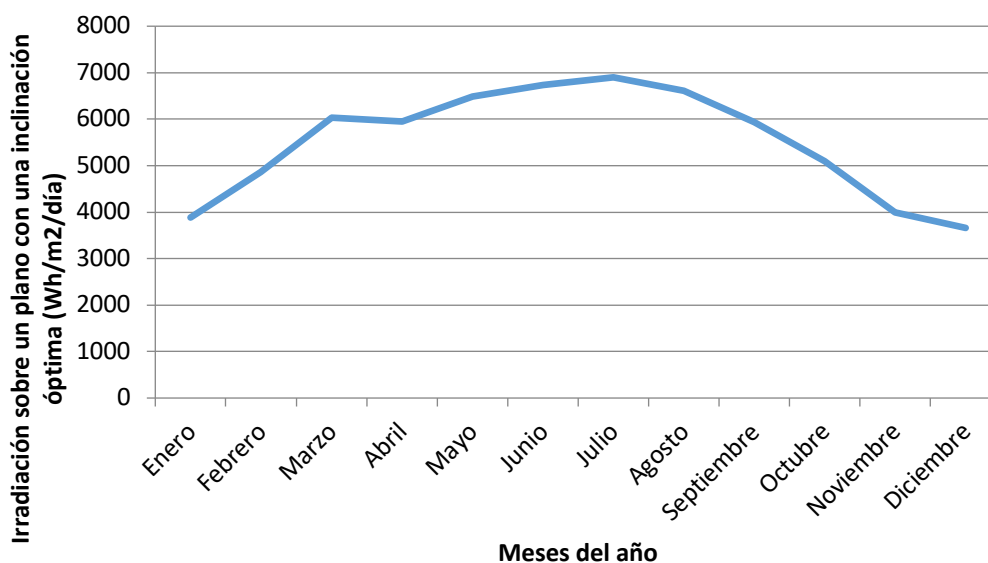
T_{24h}: Temperatura media diaria (24h) (°C)

En el Gráfico 1 se ha representado para cada uno de los meses del año la variación de la irradiación a lo largo del día sobre un plano fijo. No obstante, se ha establecido a partir de PVGIS la inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos para la localización de estudio. En el Gráfico 2 se ha representado la energía solar incidente en un plano inclinado de 37°.

Irradiación global a lo largo de un día tipo



Energía solar diaria recibida



Se suele trabajar con “Horas Solar Pico” (HSP), que es la cantidad de horas bajo una irradiación solar de 1000 W/m^2 que se obtienen en un día. Esta unidad varía para cada localización y época del año, siendo los países cercanos al ecuador y los meses de verano las situaciones con HSP mayor. Por lo tanto, se trata de una unidad que ofrece información de la energía solar. [13]

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000 \text{ W}}{\text{m}^2} \cdot 1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ W}} = 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \quad \text{Eq. 4.1}$$

A partir de la Eq. 4.2 se han calculado las HSP de cada mes del año. El promedio anual de HSP en la localización de estudio es de 5,51 horas.

$$1 \text{ HSP} = \frac{H_{\text{opt}}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \quad \text{Eq. 4.2}$$



Ilustración 18. Representación HSP de un día. Fuente: Apuntes de la universidad.

4.2 Consumo energético

Hay que llevar a cabo un listado de todas las cargas de la casa con su respectiva potencia y su consumo energético diario teniendo en cuenta el total de horas de funcionamiento diario y número de equipos disponibles.

La estrategia principal que se ha querido desarrollar a lo largo del diseño del prototipo es limitar el uso de sistemas activos y acentuar el uso de los pasivos con tal de aumentar la eficiencia de la vivienda. Esto es debido a que los sistemas pasivos no comportan un consumo eléctrico y por lo tanto disminuyen las necesidades energéticas totales.

No obstante, se requiere de algún sistema activo que trabaje de respaldo y que se active en caso de que la demanda de aclimatación así lo requiera, es decir, que se active cuando no haya condiciones de confort. El sistema de monitoreo de la vivienda, junto con los sensores y medidores será el responsable de accionar o no los sistemas activos. No obstante, los habitantes de la casa tendrán acceso a alterar este monitoreo si así lo desean.

Este prototipo cuenta con una bomba de calor como sistema activo, que resulta ser el elemento más consumidor de la vivienda. La bomba de calor va a alimentar en primer lugar el suelo radiante, que va

a trabajar tanto de calefacción como de aire acondicionado. En segundo lugar, va a alimentar un fan coil que tiene incorporado un recuperador de calor, que trabaja de respaldo del suelo radiante. En tercer lugar, la bomba de calor también va a participar en la proporción de agua caliente doméstica (ACS). La bomba de calor está compuesta de una unidad exterior y una interior. La primera comprime y descomprime el aire exterior, mientras que la segunda viene integrada con un intercambiador de calor (agua-aire). A continuación, se detalla cada uno de los equipos que requieren de una bomba de calor. [23]

- **Suelo radiante:** Se utiliza para calentar o enfriar el espacio central de la vivienda, que tiene un total de 54 m². El modelo escogido es la “Placa base terminal Sysclima Compact 17”. Se trata de una placa base fabricada en poliestireno expandido compuesta por elementos con curva en un costado y elementos lisos en otro. Por un lado, los elementos curvados están diseñados para ser utilizados como cabecera de las placas calefactoras y facilitar las curvas en la instalación de los tubos, los cuales tienen un paso previsto de 125 mm. Por otro lado, los elementos lisos están diseñados para rellenar los huecos disponibles en la superficie de la instalación.

Datos técnicos	Placa base terminal Sysclima Compact 17
Dimensiones (mm)	1200 x 750 x 17 mm
Superficie útil placa (m ²)	0,9
Resistencia térmica (mm)	0,43
Conductividad térmica (mm)	0,035
Resistencia a la compresión (kPa)	240
Diámetro de tubo (mm)	14
Separación ida retorno (mm)	125
Elemento difusor	N0
Resistencia al fuego	Clase E
Suministro (m ²)	4,5

Tabla 2. Características del suelo radiante. Fuente: Propia.

El suelo radiante instalado consiste en 4 juegos de placas, cada uno con una bobina que funciona independientemente, por lo que, si así se desea, se podría delimitar el espacio calefactor haciendo que alguno de estos grupos de placas dejara de funcionar. La bobina es básicamente una tubería de agua circular que proviene de un colector conectado a la bomba de calor y que regresa a ella.

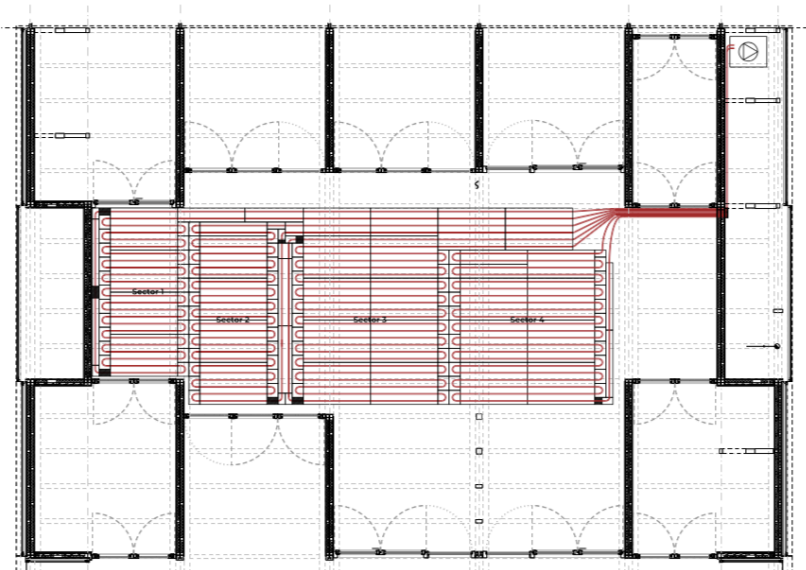


Ilustración 19. Distribución suelo radiante. Fuente: Propia.

- Fan coil y recuperador de calor:** Son dos equipos que trabajan simultáneamente y que trabajan de respaldo del suelo radiante. El fan coil regula la cantidad de aire que entra a la vivienda, el cual está conectado a la unidad interior de la bomba de calor a partir de dos tuberías de agua. Además, reduce la humedad del aire y en definitiva mejora las condiciones de confort del interior de la vivienda. El modelo escogido es "MAXA VE 93 OIP". La unidad de ventilación de recuperación de calor pre acondiciona el aire que entra a la vivienda por lo que las necesidades de climatización del fan coil se van a reducir y por lo tanto las de la bomba de calor también. El modelo escogido es "OTA1 micro E35". Este conjunto es capaz de calentar o refrigerar rápidamente, pero durante poco tiempo mientras que el suelo radiante tarda en calentar y refrigerar, pero dura mucho tiempo. Por lo tanto, el fan coil y el recuperador de calor van a cubrir los saltos térmicos muy rápidamente cuando el suelo radiante no sea capaz de hacerlo y por lo tanto sirven de apoyo.

Pot. frigorífica		7926 W
Cap. sensible		5670 W
Pot. calorífica		7750 W
Pot. calorífica		15500 W
Enfriamiento		31,9 kPa
Calefacción		23,8 kPa
Caudal de aire	Max	1280 m3/h
	Med	1139 m3/h
	Min	870 m3/h
Enfriamiento		1363 l/h
Calefacción		1333 l/h
Pot. absorbida		175 W
Nivel de ruido		39/46/49 dB(A)

Alimentación	V-,Ph,HZ	230,1,50
Acoplamiento para agua		1/2" "G
Desagüe cond.		20 mm

Tabla 3. MAXA VE 93 OIP - 3 bancos de tubos. Fuente: Propia.

Pot. calorífica	3995 W
Pot. calorífica	7990 W
Pérdidas de carga	37,7 kPa

Tabla 4. MAXA VE 93 OIP – Batería de agua caliente . Fuente: Propia.

Pot. frigorífica		7440-3780 W
Pot. calorífica		3388-7650 W
Pot. calorífica		15300-6780 W
Batería de agua caliente		4045-1790 W
Batería de agua caliente		8090-3590 W
Caudal de aire		1255-323 m3/h
Pot. absorbida		11 W
Nivel de ruido		25 dB(A)
Alimentación	V-,Ph,HZ	230,1,50
Señal		0-10 Vdc

Tabla 5. MAXA VE 93 OIP - Sin escobilla. Fuente: Propia.

Caudal de aire		350 m3/h
Prevalencia útil		140 Pa
Alimentación	V,Ph,Hz	230/1/50-60
Corr. absorbida		0,6 A
Tipo de motor		EC
Nº de velocidad		10
Control de ventilación		Man/VSD
Pot. absorbida		130 W
Presión acústica		37 dB(A)
Recuperadores de calor		74%
Eficiencia térmica de invierno		65%
Eficiencia invernal de entalpía		74%
Eficiencia de entalpía de verano		62%
Eficiencia seca		74%

Tabla 6. OTA1 micro E35. Fuente: Propia.

- ACS: Finalmente la bomba de calor también se encarga de proporcionar agua caliente doméstica para usos sanitarios. Solo puede producir agua caliente cuando o el suelo radiante o el fan coil están en modo de calefacción. No obstante, la bomba de calor incluye un tanque de inercia de 180 litros en el que se mantiene el agua caliente y que será usada en caso de que haya necesidades y el suelo radiante o el fan coil estén en modo refrigeración.

La bomba escogida es la “DE DIETRICH ALEZIO AWHP6MR-4/E V200”. Los detalles de esta se dan en la Ilustración 20.

Modelo	AWHP... V200	4 MR-4	6 MR-4	8 MR-4	11 MR-4	11 TR-4	16 MR-4	16 TR-4
Potencia calorífica a + 7°C/+ 35°C (1)	kW	3,94	5,79	7,9	11,39	11,39	14,65	14,65
COP calor a + 7°C/+ 35°C (1)		4,53	4,05	4,35	4,65	4,65	4,22	4,22
Potencia calorífica a + 2°C/+ 35°C (1)	kW	3,76	3,19	5,3	10,19	10,19	12,9	12,9
COP calor a + 2°C/+ 35°C (1)		3,32	2,97	3,46	3,2	3,2	3,27	3,27
Potencia calorífica a - 7°C/+ 35°C (1)	kW	2,83	4,35	5,60	8,09	8,09	9,83	9,83
COP calor a - 7°C/+ 35°C (1)		2,8	2,57	2,71	2,88	2,88	2,75	2,75
Potencia eléctrica absorbida a + 7°C/+ 35°C (1)	kWe	0,87	1,43	1,82	2,45	2,45	3,47	3,47
Intensidad nominal (1)	A	4,11	6,57	8,99	11,41	3,8	16,17	5,39
Potencia frigorífica a + 35°C/+ 18°C (2)	kW	3,84	4,69	7,9	11,16	11,16	14,46	14,46
COP frío a + 35°C/+ 18°C (2)		4,83	4,09	3,99	4,75	4,75	3,96	3,96
Potencia eléctrica absorbida a + 35°C/+ 18°C (2)	kWe	0,72	1,15	2,0	2,35	2,35	3,65	3,65
Eficiencia energética estacional de calefacción de espacios* (6)	%	131	137	136	132	132	130	130
Eficiencia energética estacional de calefacción de espacios* (con sonda exterior) (7)	%	133	139	138	134	134	132	132
Caudal nominal de agua a $\Delta t = 5$ K	m³/h	0,68	1,00	1,36	1,96	1,96	2,53	2,53
Altura manométrica dispon. a caudal nominal a $\Delta t = 5$ K	mbar	680	620	480	120	120	-	-
Caudal de aire nominal	m³/h	2100	2100	3300	6000	6000	6000	6000
Tensión de alimentación del grupo exterior	V	230 V mono	230 V mono	230 V mono	230 V mono	400 V tri	230 V mono	400 V tri
Intensidad de arranque	A	5	5	5	5	3	6	3
Potencia sonora (3)/Potencia sonora (4)	dB(A)	62,4/48,8	64,8/48,8	66,7/48,8	69,2/47,6	69,2/47,6	69,7/47,6	69,7/47,6
Fluido frigorífico R 410 A	kg	2,1	2,1	3,2	4,6	4,6	4,6	4,6
Conexión frigorífica (líquido-gas)	pulgadas	1/4-1/2	1/4-1/2	3/8-5/8	3/8-5/8	3/8-5/8	3/8-5/8	3/8-5/8
Longitud máxima precargada	m	10	10	10	10	10	10	10
Capacidad acumulador a.c.s.	l	180	180	180	180	180	180	180
Superficie de intercambio	m²	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Capacidad intercambiador del acumulador a.c.s.	l	113	113	113	113	113	113	113
Volumen de agua máx. utilizable (Vmax) (5)	l	249	247	251	231	231	231	231
Tiempo de calentamiento (th) (5)	h	1 h 54	2 h 00	1 h 58	1 h 33	1 h 33	1 h 11	1 h 11
Potencia absorbida en régimen de estabilización (Pes) (5)	W	35	35	35	35	35	37	37
COP DHW		2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Eficiencia energética calentamiento a.c.s. según reglamento nº 811/2013	%	106	106	106	106	106	106	106
Perfil de demanda a.c.s.	L	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura de a.c.s. de referencia (wh)	°C	56,1	55,8	54,1	54,1	54,1	53,4	53,4
Peso sin carga grupo exterior /Peso acumulador a.c.s.	kg	42/129	42/129	75/129	118/131	118/131	130/131	130/131

Ilustración 20. Especificaciones de la bomba de calor. Fuente: Ficha técnica.

Se ha escogido esta bomba de calor después de hacer un estudio de las necesidades de aclimatación con el programa DesignBuilder. En la Ilustración 21 se muestra el balance energético de todos los elementos de la vivienda, desde infiltraciones de aire, calefacción, sistema de refrigeración, efecto de las ventanas... Las dos últimas líneas hacen referencia a las necesidades tanto de calefacción como de refrigeración que la vivienda requiere para establecer unas condiciones de confort.

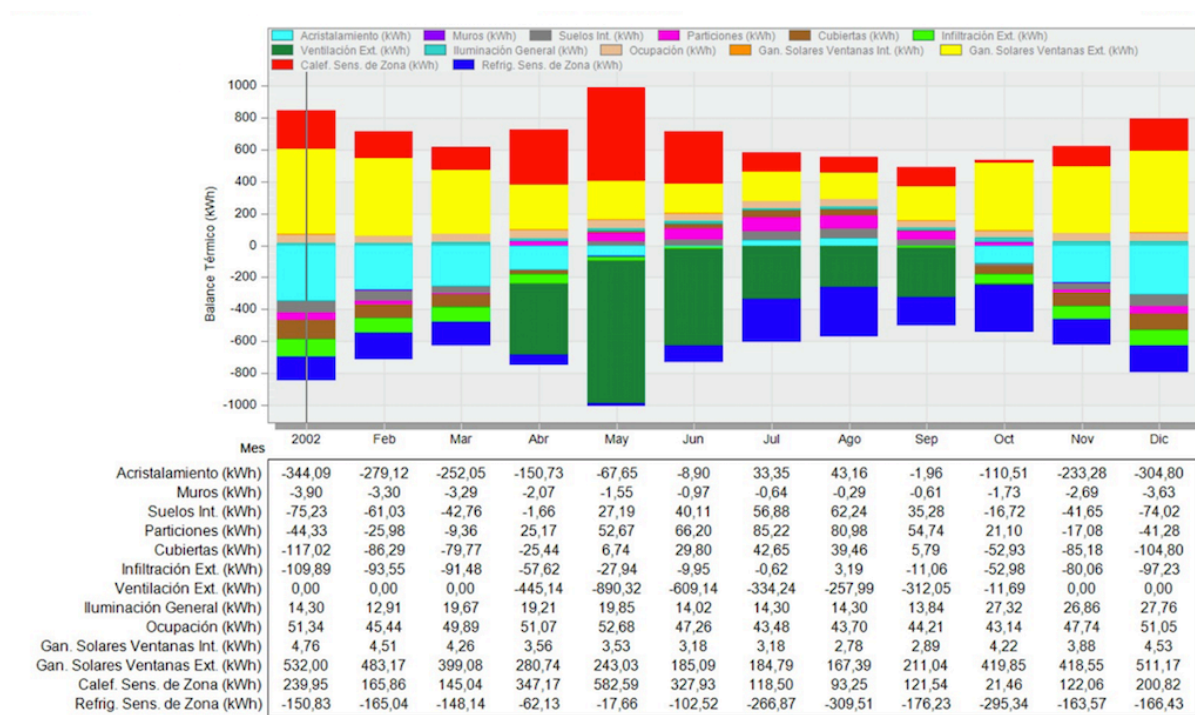


Ilustración 21. Balance energético de la vivienda. Fuente: Propia.

No todos los equipos son eficientes al 100% y suele haber un margen de error, por ello se tienen en cuenta varios márgenes de seguridad y/o eficiencia a la hora de calcular el consumo final que definirá el dimensionado fotovoltaico posterior. En primer lugar, se debe hacer un sumatorio de todo el consumo debido a las cargas de la casa (E_{total}). El consumo energético de cada equipo (Wh/día) se define a partir de su potencia y total número de horas de funcionamiento en un día.

Producto	Referencia	Empresa	Potencia (W)	Nº de unidades	Potencia total (W)
Tira Zenit 300 x LED 48 W	91-2492-00-00	Zenit	48	14	672
Proyector Bond Tube Medium 1 x LED 25,9W Blanco Angulo 15º	35-5401-14-DU	Bond Tube	25,9	6	155,4
Proyector Bond Tube Medium 1 x LED 25,9W Blanco Angulo 15	35-5411-14-DU	Bond Tube Medium	25,9	8	207,2
Colgante vintage 1 x E27 max.60W Blanca roto crom	00-5669-21-16	Vintage	60	4	240
Pie de salón vintage 1 x E27 max.100 W Blanco R	25-0240-21-16	Vintage	100	4	400
Horno	BIM24400WCS	BEKO	2400	1	2400

Vitroc��mica	HIC 64402 E	BEKO	3000	1	3000
Nevera + Congelador	RCNE520E31DZX	BEKO	160	1	160
Lavaplatos	DFN28430X	BEKO	2100	1	2100
Lavadora	WMY 91483 LB3	BEKO	2200	1	2200
Microondas	MGB25333BG	BEKO	1450	1	1450
Bomba de calor	AWHP6MR-4/E V200	DeDietrich	1430	1	1430
Extractor de filtro de carbono	DA 6700 D Aura Edition 6000	Miele	160	1	300

Tabla 7. Listado de los equipos de la vivienda y de sus respectivas potencias. Fuente: Propia.

El sumatorio de la potencia de todos los equipos que integran la vivienda es de 14714,6 W. Este será el caso de tener todos los equipos encendidos al máximo, situación que jams   pasar   y por lo tanto no va a ser la potencia necesaria ni la potencia contratada. Para el cálculo de la potencia máxima contratada se le ha a  n  do 1000 W al sumatorio de potencias para considerar pequeños electrodomésticos y luego se le ha aplicado un factor de simultaneidad de 3. El factor de simultaneidad pretende dar respuesta a lo que se comentaba anteriormente de que no todos los aparatos funcionan a la vez. Llevando a cabo este procedimiento se ha obtenido una potencia total de 5238,2 W. No obstante, la potencia contratada de un hogar suele ser del tipo 3,3 kW, 4,4 kW, 5,5 kW...En el caso de estudio se ha escogido un valor de 5,5 kW. [12] [20] [26]

Sumatorio de todas las potencias (W)	14574,6
Sumatorio con índice de seguridad (W)	15574,6
Potencia total con factor de simultaneidad (W)	5191,53
Potencia contratada (kW)	5,5

Tabla 8. Cálculo de la potencia contratada. Fuente: Propia.

Para la determinación de la tensión nominal de trabajo se recomienda:

- 12V para potencias menores de 1,5 kW
- 24V para potencias entre 1,5 kW y 5kW
- 48V o 120V para potencias superiores a 5 kW

Al tratarse de una vivienda con una potencia de más de 5 kW, se ha determinado una tensión nominal de trabajo de 48 V.

Una instalación solar fotovoltaica tiene un seguido de pérdidas debidas a varios factores o equipos como bien podrían ser el rendimiento del inversor, de la batería...Estas se pueden estimar a partir de la siguiente expresión.

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{D,max}} \right] \quad \text{Eq. 4.3}$$

Donde:

K_T : pérdidas totales de la instalación

K_B : pérdidas debidas al rendimiento de la batería

K_C : pérdidas debidas al rendimiento del inversor DC/AC

K_R : pérdidas debidas al rendimiento del regulador DC/DC

K_X : pérdidas no contempladas

K_A : pérdidas debidas a la autodescarga diaria de la batería, dadas a 20°C

D_{aut} : días de autonomía del sistema (días consecutivos en ausencia de sol que se puede seguir abasteciendo la demanda energética de una vivienda)

$P_{D,max}$: profundidad máxima de descarga (%)

Las pérdidas de todos los equipos se detallarán más adelante cuando se especifiquen.

En cuanto a los días de autonomía, dependiendo del clima del lugar, los días escogidos para dimensionar un sistema fotovoltaico serán más o menos. Como norma general se pueden establecer los siguientes criterios.

- Sistemas no críticos (Ex: clima mediterráneo): entre 2 y 5 días
- Sistema con Sol irregular: entre 5 y 7 días
- Sistemas críticos (sistemas profesionales): entre 5 y 10 días
- Zonas críticas con poco Sol: 15 días

Barcelona tiene un clima cálido y bastante constante, un clima mediterráneo que pocas veces da problemas. Para el estudio del presente documento se ha escogido hacer el dimensionamiento para una autonomía del sistema de 3 días.

En cuanto a la profundidad de descarga, que se trata del porcentaje máximo de descarga que se le permite a las baterías del sistema antes de desconectar el regulador con tal de no dañarlas. Se ha establecido en un 70% para evitar descargas muy profundas de las baterías.

Además, se ha querido añadir un margen de seguridad del 15% ya que el consumo se ha obtenido de una estimación y por lo tanto puede variar ligeramente, además de existir pérdidas de energía por conexionado. Es por ello que la expresión para calcular el consumo de energía total requerida queda de la siguiente manera (Eq. 4.4).

$$E'_{total} = \frac{E_{total} \cdot (1 + \text{Factor de seguridad})}{K_T} \quad \text{Eq. 4.4}$$

$$= \frac{E_{total} \cdot 1,15}{[1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{D,max}}\right]}$$

Donde:

E'_{total} : consumo energético total de la instalación (Wh/día)

No obstante, también se puede expresar en (Ah/día) si se divide por la tensión nominal de trabajo (Eq. 4.5).

$$C_{total} = \frac{E'_{total}}{V_{nom}} \quad \text{Eq. 4.5}$$

Donde:

C_{total} : consumo total neto de energía necesaria de la instalación (Ah/día)

V_{nom} : tensión nominal de trabajo (V)

4.3 Producción de energía

El cálculo de la energía que serán capaces de producir los paneles diariamente se va a hacer a partir de las HSP descritas anteriormente, ya que las HSP van directamente relacionadas con la capacidad que va a generar un panel solar.

En primer lugar, después de una extensa búsqueda de los diferentes paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado, se ha apostado por el modelo “SunPower X-Series X21-350-BLK DC” por la adecuación que presentan frente a las características del proyecto. Sus características básicas se resumen en la Tabla 9.

SPR-X21-350-BLK	
Potencia nominal	350 W
Tolerancia de la potencia	5/0%
Eficiencia del panel	21,50%
Voltaje nominal (Vmpp)	57,3 V
Corriente nominal (Impp)	6,11 A
Voltaje circuito abierto (Voc)	68,2 V
Corriente corto circuito (Isc)	6,50 A

Tabla 9. Características básicas del panel fotovoltaico. Fuente: Propia.

El panel fotovoltaico mide 1559 mm de largo y 1046 mm de alto, por lo que tiene un área total de 1,63 m².

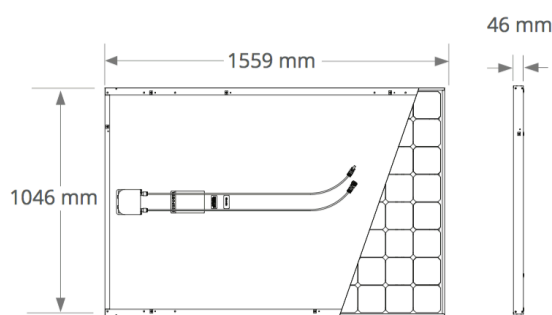


Ilustración 22. Dimensiones del panel fotovoltaico. Fuente: Ficha técnica SunPower X-Series X21-350-BLK DC.

La potencia nominal de un panel fotovoltaico ($P_{nom,mod}$) que indica la ficha técnica de este es la que se obtiene después de hacer varios ensayos después de irradiar una energía de 1000 W/m². Por lo tanto, la potencia de 350 W que aparece en la ficha técnica se puede relacionar directamente con las HSP para obtener la energía diaria ($E_{módulo}$) que es capaz de generar un panel fotovoltaico.

$$E_{módulo} = P_{nom,mod} \cdot HSP$$

Eq. 4.6

CÁLCULO PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
HSP: Horas Solar Pico (h/día)	3,89	4,86	6,03	5,95	6,48	6,74
Energía producida por un panel fotovoltaico (kWh/día)	1,3615	1,701	2,1105	2,0825	2,268	2,359

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
6,9	6,61	5,93	5,09	3,99	3,66
2,41	2,31	2,08	1,78	1,40	1,28

Tabla 10. Cálculo de la producción de energía de un panel fotovoltaico en Barcelona. Fuente: Propia.

No obstante, para el cálculo del número de paneles requerido, se ha hecho por potencias. En primer lugar, se ha encontrado la potencia que habría que instalar ($P_{necesaria}$) expresada en W con los paneles seleccionados para cubrir el consumo de energía diario de la vivienda con las HSP disponibles en la localización.

$$P_{necesaria} = \frac{E'_{total}}{HSP} \quad Eq. 4.7$$

El número de módulos necesarios ($N_{módulos}$) vendrá dado por la potencia nominal de cada ($P_{nom,mod}$) que es de 350W y el coeficiente de rendimiento del panel (η) que es del 90%. [35] [36] [37] [38] [39]

$$N_{módulos} = \frac{P_{necesaria}}{P_{nom,mod} \cdot \eta} \quad Eq. 4.8$$

Por un lado, el número de paneles en serie (n_{PS}) se determinará a partir de la tensión nominal del sistema (V_{nom}) que equivale a 48 V y del voltaje nominal de un panel (V_{MPP}) que equivale a 57,3 V.

$$n_{PS} = \frac{V_{nom}}{V_{MPP}} \quad Eq. 4.9$$

Por otro lado, el número de paneles en paralelo (n_{PP}) se determinará a partir del consumo diario expresado en Ah (C_{total}), de la corriente nominal de un panel (I_{MPP}) que equivale a 6,11 A y a las HSP.

$$n_{PP} = \frac{C_{total}}{I_{MPP} \cdot HSP} \quad Eq. 4.10$$

No obstante, para simplificar el cálculo posterior, se va a calcular en primer lugar el número de módulos totales, en segundo lugar, el número de paneles en serie y finalmente para el cálculo del número de paneles en paralelo resolverá la siguiente expresión.

$$n_{PP} = \frac{N_{módulos}}{n_{PS}} \quad Eq. 4.11$$

4.4 Sistema de almacenamiento

4.4.1 Ejemplos de sistemas de almacenamiento

Se ha visto en el primer escenario que, si se quiere abastecer una vivienda solo con un sistema fotovoltaico y sin almacenamiento durante todo el año, el sistema se sobredimensiona demasiado,

haciendo que los costes de instalación sean muy elevados. Por lo tanto, un sistema de almacenamiento es indispensable en una instalación de este tipo. De esta manera, en vez de perder la energía tontamente, se va a aprovechar almacenándola para poder ser usada más adelante cuando la demanda sea mayor a la producción. [14]

Existen diversos tipos de almacenamiento, representados en el Grafico X, que varían según el tamaño de la instalación y el tiempo de descarga de las baterías.

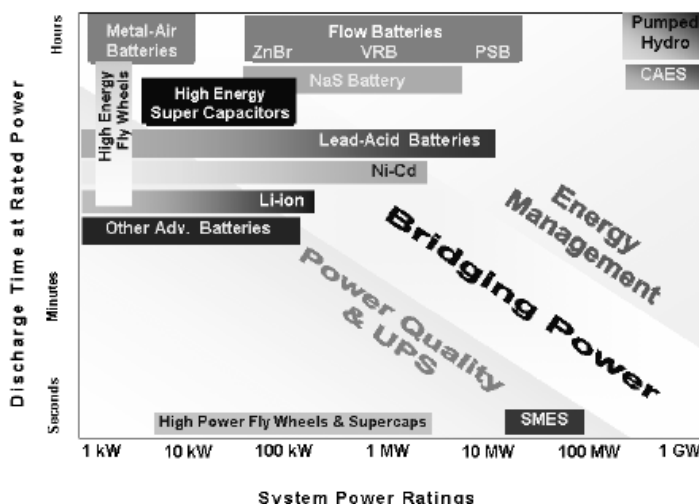


Ilustración 23. Relación potencia y tiempo de descarga de una batería. Fuente: Apuntes de la universidad.

Por un lado, la potencia de una vivienda es baja, por lo que nos estaríamos situando en la parte izquierda del eje de las X. Por otro lado, la descarga interesa que sea de horas, con tal de proporcionar energía durante un largo tiempo en caso de que el sistema fotovoltaico no sea suficiente o falle. La opción más inteligente para una vivienda, por lo tanto, son las baterías.

Las baterías eléctricas son el sistema de almacenamiento más reconocido y más desarrollado actualmente. Las baterías fotovoltaicas permiten nos van a dar mucha más flexibilidad y autonomía ya que nos permiten utilizar electricidad en situaciones en que los paneles solares no están en funcionamiento como por ejemplo durante la noche. Por lo tanto, sin un sistema de almacenamiento como este es difícil concebir una vivienda que se autoabastezca.

Lo que marca la diferencia en una instalación de autoconsumo no va a ser el tipo de panel fotovoltaico si no el tipo de batería. Existen dos tipos principales de baterías para sistemas solares:

- **Baterías monoblock:** Destinada a pequeñas instalaciones fotovoltaicas con baja o media potencia. Aunque sean las de menor coste, también conllevan menor número de ciclos carga-descarga además de una vida útil inferior (7-10 años). Existen diversos modelos, entre los que destacan las baterías AGM o las de litio. Estas últimas son consideradas actualmente las más eficientes del mercado. Ocupan poco espacio, pesan poco, presentan bajas o nulas emisiones de gas y tienen tiempos de carga muy rápidos.

- Baterías estacionarias: Destinadas a instalaciones fotovoltaicas con medio o alto consumo. Aunque presenten una vida útil mayor (20 años aproximadamente) y presente mayores ciclos de carga-descarga, son también las más caras. Existen varios modelos entre los que destacan las baterías OPzS, las baterías OPzV y las baterías TOPzS. [15]

4.4.2 Sistema de almacenamiento de estudio

En el punto anterior ya se ha establecido las baterías como el sistema de almacenamiento óptimo para la vivienda de estudio. En este punto se va a dar una descripción de las características básicas de las baterías escogidas además de hacer una descripción de los pasos a seguir a nivel general para calcular las necesidades de almacenamiento de un sistema energético. [35] [36] [37] [38] [39]

Después de una extensa búsqueda de los diferentes paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado, se ha apostado por el modelo “Ultracell UzV-3000 (OPzV)” por la adecuación que presentan frente a las características del proyecto. Sus características básicas se resumen en la Tabla 11.

Ultracell UzV-3000 (OPzV)		
Voltaje (V)		2
Capacidad 20 hrs (Ah)		3000
Dimensiones	Largo (mm)	576
	Ancho (mm)	212
	Altura (mm)	772

Tabla 11. Características de la batería Ultracell UzV-3000 (OPzV). Fuente: Propia.

Para dimensionar el sistema de almacenamiento, en primer lugar, se debe calcular la capacidad total que van a tener las baterías escogidas (C_{alm}), expresada en Ah, que se determinarán a partir del consumo de la vivienda y de los días de autonomía que se quieren asegurar.

$$C_{alm} = \frac{C'_{req} \cdot D_{aut}}{P_{D,max}} \quad \text{Eq. 4.12}$$

Donde:

C'_{req} : consumo de energía total requerida para cubrir las necesidades (Ah/día)

D_{aut} : días de autonomía de la instalación

$P_{D,max}$: profundidad máxima de descarga (%)

Una vez conocida la capacidad de las baterías, se puede establecer el número total de baterías necesarias según las especificaciones de estas y del sistema en general.

$$n_{Baterías} = n_{BS} \cdot n_{BP} \quad \text{Eq. 4.13}$$

Donde:

n_{BS} : Número de baterías en serie

n_{BP} : Número de baterías en paralelo

Por un lado, el número de baterías en serie se determinará a partir de la tensión nominal del sistema y de la que proporciona una batería del modelo escogido.

$$n_{BS} = \frac{V_{nom}}{V_{bat,nom}} \quad \text{Eq. 4.14}$$

Donde:

V_{nom} : tensión nominal de la instalación (V)

$V_{bat,nom}$: tensión nominal de una sola batería (V)

Por otro lado, el número de baterías en paralelo se determinará a partir de la capacidad de todas las baterías y de la capacidad de una sola.

$$n_{BP} = \frac{C_{alm}}{C_{bat,nom}} \quad \text{Eq. 4.15}$$

Donde:

C_{alm} : capacidad nominal del sistema de acumulación (Ah)

$C_{bat,nom}$: capacidad nominal de una sola batería (Ah)

5 Estudio de diferentes escenarios energéticos

Existen diversos escenarios que se pueden dar en cuanto a nivel energético, objeto de estudio del presente documento. No se puede hablar de un escenario óptimo a nivel mundial ya que hay muchos aspectos para tener en cuenta y que varían según la localización como por ejemplo el precio de los equipos, el precio de la electricidad, el clima... Para cada escenario posible se van a incluir un determinado número de componentes (inversores, reguladores, baterías, ...). A continuación, se van a presentar los diferentes escenarios a estudiar, todos ellos para la localización de Barcelona.

5.1 ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE

Desde la organización del Solar Decathlon se han impuesto ciertas restricciones en cuanto a la producción de energía a partir de paneles fotovoltaicos. Especifican que no se puede conectar a la casa un sistema fotovoltaico de más de 5 kWp. Por lo tanto, el primer escenario a considerar será el impuesto por la organización. No obstante, en los siguientes puntos también se considerarán otros escenarios energéticos.

El prototipo diseñado estará conectado a la red eléctrica de Hungría durante todo el concurso, por lo que se ha visto innecesario el uso de baterías al ser un elemento que elevaba mucho el precio total.

5.1.1 Consumo energético ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE

En este escenario no existe ningún sistema de almacenamiento, por lo que no va a ser necesario implementar un regulador. La Eq. 4.4 para el cálculo del consumo total se simplifica de la siguiente manera.

$$E'_{total} = \frac{E_{total} \cdot 1,15}{[1 - (K_C + K_X)]}$$

Tanto las pérdidas debidas al rendimiento del inversor como las no contempladas se han establecido en un valor del 10%, por lo que las pérdidas totales de la instalación quedan en el 80%, y el consumo energético obtenido es de 27,62 kWh/día que equivale a 10731 kWh/año.

5.1.2 Producción fotovoltaica ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE

En este escenario no se han tenido en cuenta las estrategias que normalmente se pensarían a la hora de diseñar un sistema fotovoltaico ya que las restricciones de la organización nos lo impedirían.

En este caso se ha obtenido el máximo número de paneles que se podrían instalar a partir de la máxima potencia de la instalación fotovoltaica que la organización permite instalar (P_{SDE19}) que equivale a 5000 W entre la potencia nominal de un panel ($P_{nom,mod}$) que equivale a 350 W.

$$N_{\text{modulos},SDE19} = \frac{P_{SDE19}}{P_{\text{nom},\text{mod}}} \quad \text{Eq. 5.1}$$

Aplicando la Eq. 5.1 y redondeando a la baja para no sobrepasar las limitaciones de la organización, se ha obtenido un total de 14 paneles fotovoltaicos. La distribución de los 14 paneles, aplicando la Eq. 4.9 y Eq. 4.10, será de 1 panel en serie y de 20 en paralelo.

No obstante, se ha llevado el mismo procedimiento que en los apartados 4.1.3 y 4.1.4 pero para las coordenadas de Hungría con tal de conocer la irradiación que hay y así determinar las HSP bajo estas condiciones. Va a ser necesario saber las HSP para poder determinar la energía que da el conjunto de paneles fotovoltaicos con tal de hacer un balance energético y conocer las necesidades que abastecer habrá con la conexión a la red eléctrica.

Las coordenadas exactas donde se situará el prototipo durante el concurso son:

- Coordenadas GD (grados decimales):
Latitud: 47,64583
Longitud: 19,0738
- Coordenadas GMS (grados, minutos, segundos):
Latitud: 47°38'45" N
Longitud: 19°4'26" E

El promedio de HSP para el emplazamiento del concurso es de 4,35 horas al día, en comparación a las 5,51 horas en Barcelona, por lo que se puede asegurar que diariamente la producción fotovoltaica será menor en el caso de Budapest.

5.1.3 Conclusiones ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE

El prototipo además de contar con esta restricción tampoco tiene sistema de almacenamiento por lo que se podía asegurar desde un primer momento que la conexión a la red eléctrica era indispensable si se quería abastecer la demanda en todo momento. Al hacer el balance energético (producción menos consumo) de este escenario se ha obtenido como era de esperar que durante todos los meses del año se necesita pedir energía a la red eléctrica ya que el sistema fotovoltaico no puede cubrir la demanda total. Un total de 3063,87 kWh/año va a ser necesario pedir a la red para abastecer las cargas de la vivienda en todo momento durante todo el año.

Este escenario es poco realista en la actualidad ya que es incoherente establecer una restricción en cuando a la producción de energía de una fuente renovable. No obstante, como la producción a partir de paneles fotovoltaicos no es el aspecto primordial para estudiar en este concurso, limitar dicha producción hace que se deban establecer otros parámetros para aumentar la eficiencia de la vivienda. Por ejemplo, el incremento de sistemas pasivos o el cambio de hábitos de los cuales se hablaba al principio del presente documento.

5.2 ESCENARIO 1 – Sistema fotovoltaico sin conexión a red y sin sistema de almacenamiento

Este va a ser el escenario más sencillo en cuanto a que requiere de pocos componentes para su correcta implementación. Las cargas solo se abastecerán en los instantes en que haya suficiente radiación solar, por lo que a primera vista parece resultar en un escenario arriesgado si se trata de una vivienda.

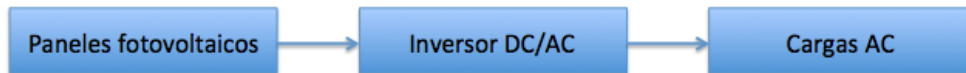


Ilustración 24. Descripción sistema sin conexión a red y sin almacenamiento. Fuente: Propia.

5.2.1 Consumo energético ESCENARIO 1

El Escenario 1 presenta los mismos consumos que el Escenario del Solar Decathlon Europe. En lo único que se van a diferenciar es en la cantidad de energía que van a producir los paneles fotovoltaicos. La Eq. 4.4 para el cálculo del consumo total se simplifica una vez más de la siguiente manera.

$$E'_{total} = \frac{E_{total} \cdot 1,15}{[1 - (K_C + K_X)]}$$

Tanto las pérdidas debidas al rendimiento del inversor como las no contempladas se han establecido en un valor del 10%, por lo que las pérdidas totales de la instalación quedan en el 80%, y el consumo energético obtenido es de 27,62 kWh/día que equivale a 10731 kWh/año.

5.2.2 Producción fotovoltaica ESCENARIO 1

Siempre que se tenga conexión a la red eléctrica no hará falta dimensionar el sistema fotovoltaico para el mes más crítico, ya que en dicho caso la red sería la opción más factible y sencilla. Dimensionar un sistema fotovoltaico para el peor mes siempre va a conllevar un coste de instalación más elevado al requerir más equipos que se pueden minimizar con la aportación de energía de la red eléctrica aun costando un precio extra mensual que equivale al de la tarifa eléctrica.

No obstante, en este primer escenario no se tiene acceso a la red eléctrica ya que se trata de un sistema aislado sin sistema de almacenamiento y por lo tanto se dimensionará para las peores condiciones de irradiación. Esto significa que el sistema estará compuesto por el mayor número de módulos requeridos obtenidos al hacer el estudio de las necesidades fotovoltaicas durante el año.

Aplicando la Eq. 4.8 para cada mes y escogiendo el máximo valor de paneles, se ha obtenido un total de 24 paneles necesarios. La distribución de los 24 paneles, aplicando la Eq. 4.9 y Eq. 4.10, será de 1 panel en serie y de 224 en paralelo. Aun siendo un valor que sobredimensiona la instalación porque

se cogen los valores críticos anuales, no se puede asegurar que se podrán cubrir todas las cargas durante todas las horas del día. Puesto que por ejemplo en horario nocturno al no haber ni radiación solar, ni conexión a la red eléctrica ni sistema de almacenamiento, no existe ninguna posibilidad alguna de cubrir la demanda que haya en esos instantes.

5.2.3 Conclusiones ESCENARIO 1

Desde un primer momento este escenario ya se podía tachar como óptimo e incluso válido, ya que es incoherente tener un sistema energético que no incluya ni sistema fotovoltaico ni conexión a la red eléctrica. Esto supondría que solo en caso de tener un mínimo de irradiación se podría abastecer la demanda energética de la vivienda. Por lo tanto, ni en días de poca irradiación como bien sería un día nublado, ni en horas nocturnas se podría tener acceso a la electricidad, cosa impensable para la mayoría de las personas hoy en día.

Es el caso de sobredimensionar un sistema sin ni siquiera asegurar el abastecimiento de la demanda energética, por lo que supone un coste elevado de implementación que no ofrece ninguna satisfacción ni a corto ni a largo plazo. De hecho, hay un sobrante de 5136,97 kWh/año y ni tan solo se puede asegurar que se abastecen las cargas en ciertos momentos del día, por lo que es incoherente. Se puede concluir por lo tanto asegurando que es un sistema inviable y poco realista por lo que no se va a tener en cuenta en el posterior estudio económico.

5.3 ESCENARIO 2 - Sistema fotovoltaico sin conexión a red y con sistema de almacenamiento

En el caso anterior se hablaba de riesgo al no disponer de ningún sistema auxiliar para abastecer las necesidades energéticas que pueda usarse en caso de tener poca radiación solar. En este punto se ha añadido un sistema de almacenamiento de baterías que se utilizará en instantes del día en que haya poca o nula radiación solar, pero se tengan necesidades energéticas. Instalar un sistema de almacenamiento equivale a instalar un banco de baterías y un regulador de carga para proteger las baterías.

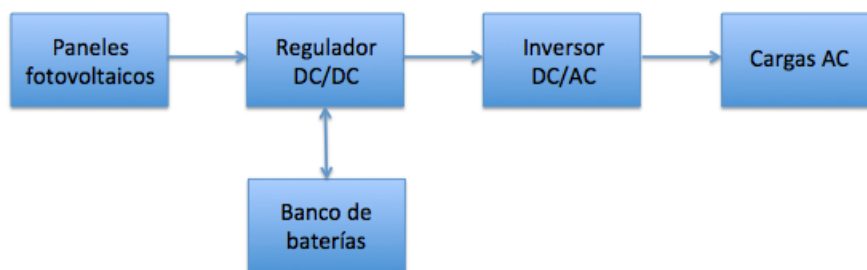


Ilustración 25. Descripción del sistema sin conexión a red pero con almacenamiento. Fuente: Propia.

5.3.1 Consumo energético ESCENARIO 2

En este segundo escenario existe un sistema de almacenamiento, por lo que va a ser necesario implementar un regulador. La Eq. 4.4 para el cálculo del consumo total no se puede simplificar en este caso y queda de la siguiente manera.

$$E'_{total} = \frac{E_{total} \cdot 1,15}{[1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{D,max}}\right]}$$

Por un lado, tanto las pérdidas debidas al rendimiento del inversor como las del regulador y como las no contempladas se han establecido en un valor del 10%, mientras que las pérdidas debidas al rendimiento de la batería valen un 5% y las pérdidas debidas al auto descarga de la batería valen un 0,5%. Por otro lado, los días de autonomía establecidos ya se han comentado anteriormente que equivale a 3 días y la profundidad de descarga más de los mismo y equivale al 0,5%. Por lo tanto, las pérdidas totales de la instalación quedan en el 64%, y el consumo energético obtenido es de 36,72 kWh/día que equivale a 13496 kWh/año.

5.3.2 Producción fotovoltaica ESCENARIO 2

En este segundo escenario no se tiene acceso a la red eléctrica ya que se trata de un sistema aislado aun teniendo incorporado un sistema de almacenamiento y por lo tanto se dimensionará para las peores condiciones de irradiación.

Por un lado, aplicando la Eq. 4.8 para cada mes y escogiendo el máximo valor de paneles, se ha obtenido un total de 32 paneles necesarios. Es un valor más elevado que el caso anterior ya que tiene implementado un sistema de almacenamiento que supone más equipos, más perdidas en el sistema y por lo tanto un consumo un poco mayor. La distribución de los 32 paneles, aplicando la Eq. 4.9 y Eq. 4.10, será de 1 panel en serie y de 32 en paralelo. Por otro lado, la distribución de las baterías, aplicando la Eq. 4.13 y Eq. 4.15, será de 24 baterías en serie y 1 en paralelo. Finalmente, aplicando la Eq. 4.12, se ha obtenido un total de 24 baterías necesarias.

5.3.3 Conclusiones ESCENARIO 2

Este es el sistema más eficiente energéticamente hablando ya que toda fuente es renovable y no se tiene acceso a la red eléctrica que en la mayor parte de las veces proporciona energía obtenida a partir de fuentes no renovables. Este escenario se trata, al igual que el primero, de un sistema aislado, muy común en zonas rurales que no tienen acceso a la red eléctrica. El único problema que comporta este sistema es que, aunque esté sobredimensionado, en el caso de que falle tanto el sistema fotovoltaico como el sistema de almacenamiento, no sería posible abastecer la demanda energética de la vivienda. Aun no teniendo conexión a la red eléctrica, al haber dimensionado el sistema fotovoltaico para una autonomía de tres días, no tendría que haber ningún problema a la hora de suministrar la electricidad demandada a lo largo del año. De todos modos, en ciertos meses hay sobrante de energía producida que en total resulta ser de 6885,58 kWh/año. No obstante, si se

quisiera asegurar que no va a existir ningún caso en que se quede sin electricidad, siempre se puede comprar un generador que haga de sistema auxiliar. Dejaría de ser un sistema renovable al 100% pero pasaría a ser un sistema fiable en cualquier situación. A la hora de realizar el posterior estudio económico del escenario, exceptuando la inversión inicial de la instalación, todo serán ahorros que se obtendrán al no tener que estar pagando una factura eléctrica cada mes.

5.4 ESCENARIO 3 - Sistema fotovoltaico con conexión a red y sin sistema de almacenamiento

Este es el escenario más común en la actualidad a nivel doméstico, ya que cuenta con soporte de la red en caso de que el sistema fotovoltaico falle, y no cuenta con sistema de almacenamiento que suele ser muy caro y poco atractivo de instalar a pequeña escala.

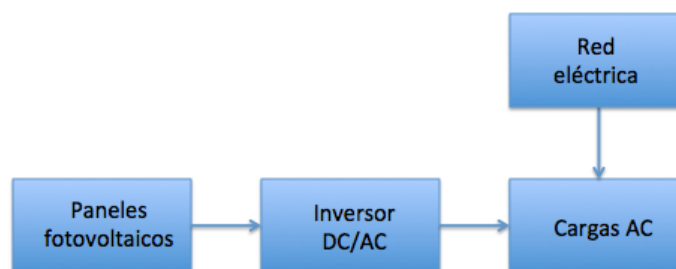


Ilustración 26. Descripción del sistema con conexión a red y sin almacenamiento. Fuente: Propia.

5.4.1 Consumo energético ESCENARIO 3

En cuanto a consumos, al no tener incorporado un sistema de almacenamiento, va a coincidir con el Escenario 1. Se sabe por lo tanto que, la Eq. 4.4 para el cálculo del consumo total se simplifica de la siguiente manera.

$$E'_{total} = \frac{E_{total} \cdot 1,15}{[1 - (K_C + K_X)]}$$

Tanto las pérdidas debidas al rendimiento del inversor como las no contempladas se han establecido en un valor del 10%, por lo que las pérdidas totales de la instalación quedan en el 80%, y el consumo energético obtenido 27,62 kWh/día que equivale a 10731 kWh/año.

5.4.2 Producción fotovoltaica ESCENARIO 3

En este tercer escenario se tiene acceso a la red eléctrica y por lo tanto ya no es necesario instalar los paneles fotovoltaicos necesarios para el mes más crítico del año, si no que se hará un promedio de las necesidades para obtener el número de paneles óptimo.

Aplicando la Eq. 4.8 para cada mes y escogiendo el promedio al alza de paneles, se ha obtenido un total de 17 paneles necesarios. La distribución de los 17 paneles, aplicando la Eq. 4.9 y la Eq. 4.10, será de 1 panel en serie y de 17 en paralelo.

5.4.3 Conclusiones ESCENARIO 3

Los sistemas de almacenamiento están poco desarrollados actualmente y suelen ser el elemento más caro de todos, subiendo mucho el precio total de un sistema fotovoltaico. Es por ello por lo que este sistema, a primera vista, parece ser el óptimo si se hace un balance entre eficiencia energética y costes de instalación. Al tratarse de un sistema dimensionado para un número promedio de paneles fotovoltaicos, habrá meses en que el balance energético será negativo y habrá que pedir a red y meses en que el balance sea positivo y se pueda vender la producción de energía excedente a la red. A la hora de hacer el posterior estudio económico se hará la suposición de que el coste de compra y de venta de la energía es el mismo. De manera resumida, en este escenario 1400,78 kWh/año se obtienen de excedente y 702,12 kWh es lo que requeriría de la red. Por lo tanto, si se tiene en cuenta el mismo precio de venta y compra de la electricidad, lo que interesa es la diferencia y que equivale a la venta de energía y por lo tanto a los beneficios que se obtendrían y que es igual a 698,66 kWh/año.

5.5 ESCENARIO 4 - Sistema fotovoltaico con conexión a red y con sistema de almacenamiento

El Escenario 4 sería el más completo y en definitiva el más fiable, no obstante, no está aceptado por normativa tener un sistema de almacenamiento integrado y a la vez estar conectado a la red eléctrica.

Dejando la normativa a un lado, se trata de un sistema que cuenta tanto de un sistema de almacenamiento como de conexión a red, por lo que sería imposible quedarse sin electricidad en algún momento. Por este factor se ha decidido realizar también el estudio del escenario.

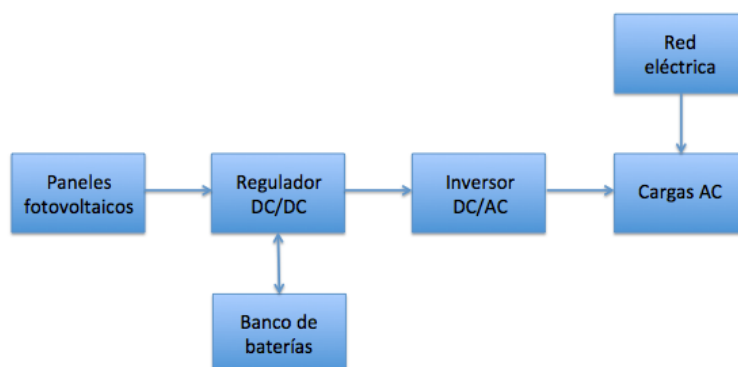


Ilustración 27. Descripción del sistema con conexión a red y con almacenamiento. Fuente: Propia.

5.5.1 Consumo energético ESCENARIO 4

En cuanto a consumos, al tener incorporado un sistema de almacenamiento, va a coincidir con el Escenario 2. Se sabe por lo tanto que, la Eq. 4.4 para el cálculo del consumo total se simplifica de la siguiente manera.

$$E'_{total} = \frac{E_{total} \cdot 1,15}{[1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{D,max}}\right]}$$

Las pérdidas totales de la instalación quedan en el 64%, y el consumo energético obtenido 36,72 kWh/día que equivale a 13496 kWh/año.

5.5.2 Producción fotovoltaica ESCENARIO 4

En el Escenario 4 al igual que el Escenario 3 se tiene acceso a la red eléctrica y por lo tanto ya no es necesario instalar los paneles fotovoltaicos necesarios para el mes más crítico del año, si no que se hará un promedio de las necesidades para obtener el número de paneles óptimo.

Por un lado, aplicando la Eq. 4.8 para cada mes y escogiendo el promedio al alza de paneles, se ha obtenido un total de 23 paneles necesarios. La distribución de los 23 paneles, aplicando la Eq. 4.9 y Eq. 4.10, será de 1 panel en serie y de 23 en paralelo. Por otro lado, la distribución de las baterías, aplicando la Eq. 4.13 y Eq. 4.15, será de 24 baterías en serie y 1 en paralelo. Finalmente, aplicando la Eq. 4.12, se ha obtenido un total de 24 baterías necesarias.

5.5.3 Conclusiones ESCENARIO 4

Este último escenario se trataría del más caro, pero a la vez el más fiable si la normativa lo permitiera. Actualmente no es posible contar con un sistema de almacenamiento y estar a la vez conectado a la red eléctrica. Es un sistema que al tener una autonomía de tres días no tendría porque necesitar de la red, al igual que el Escenario 2, no obstante, se había planteado este escenario como una alternativa por si el sistema de almacenamiento fallaba. Lo que sí se va a hacer es una comparativa a nivel económico entre la inversión por el simple hecho de instalar el sistema de almacenamiento con las ganancias que se obtienen al no estar ya pidiendo a red como con el Escenario 3.

A la hora de hacer el posterior estudio económico se hará la suposición de que el coste de compra y de venta de la energía es el mismo. De manera resumida, en este escenario 2037,10 kWh/año se obtienen de excedente y 857,93 kWh es lo que requeriría de la red. Por lo tanto, si se tiene en cuenta el mismo precio de venta y compra de la electricidad, lo que interesa es la diferencia y que equivale a la venta de energía y por lo tanto a los beneficios que se obtendrían y que es igual a 1179,17 kWh/año.

5.6 Normativa vigente

Se ha consultado el Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. El *Artículo 4* del presente RD da una clasificación de modalidades de consumo que se citan a continuación.

- I. Modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes
- II. Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes
 - A. Modalidad con excedentes acogida a compensación
 - B. Modalidad con excedentes no acogida a compensación

En los Escenarios 3 y 4 nos encontraríamos en la modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes al tener un sobrante de producción de energía y a su vez en el punto A (Modalidad con excedentes acogida a compensación). Nos podemos acoger a este grupo al cumplir las condiciones siguientes:

- La fuente de energía primaria es de origen renovable
- La potencia total no es superior a los 100 kW
- Se hace la suposición que se ha suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo entre el consumidor y productor asociado
- La instalación no tiene otorgado un régimen retributivo adicional o específico

Por lo tanto se puede asegurar la suposición de venta y compra de la energía al mismo precio ya que los escenarios conectados a la red eléctrica cumplen con las condiciones del RD y por lo tanto es posible el vertido de la energía excedente a la red eléctrica.

Es verdad que el Escenario del Solar Decathlon Europe también tiene conexión a red, no obstante, al contar con restricciones en cuanto a la producción que se puede producir, se trata de un escenario sin excedentes.

Por otro lado, en el Escenario 4 se cuenta tanto con conexión a la red eléctrica como sistema de almacenamiento. En el *Artículo 5* del presente RD se da validez a esta simultaneidad pero no da acceso a la venta de energía excedente. Dicho artículo especifica que podrán instalarse elementos de almacenamiento en las instalaciones de autoconsumo cuando dispongan de las protecciones establecida en la normativa de seguridad y calidad industrial que les sea de aplicación. No obstante, el escenario 4 no tendrá en cuenta que no se puede vender a la red eléctrica para así llevar a cabo una comparativa con el Escenario 3 en que sí que se puede. [27]

Por último, los Escenarios 1 y 2 son aislados de la red eléctrica por lo que no les serán aplicables estos artículos.

6 Especificación del resto de equipos

6.1 Inversor

Se ha explicado en el apartado 3.4 el propósito de un inversor que es principalmente el de convertir la corriente continua que viene de las baterías en corriente alterna para las cargas.

En general se puede establecer la expresión X para determinar la potencia que debe tener el inversor.

$$P_{inv} = \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}} \quad \text{Eq. 6.1}$$

Donde:

P_{inv} : potencia necesaria para el inversor DC/AC (en W)

P_{AC} : potencia total consumida por las cargas en AC (en W). Esta es equivalente a la potencia contratada.

η_{inv} : Rendimiento del inversor (en %). Se ha establecido un rendimiento del 85%.

Aplicando la Eq. 7.1 se obtiene una potencia del inversor de 6470,58 W.

$$P_{inv} = \frac{5500}{0,85} = 6,470,588 \text{ W}$$

Características inversor escogido

Una vez determinadas las necesidades del inversor para el sistema de estudio y después de una extensa búsqueda de los diferentes modelos existentes en el mercado, se ha optado por el modelo “Sunny Mini Central 7000TL” de la casa SMA. En la Tabla 12 se especifican las características básicas del modelo escogido.

Inversor	Sunny Mini Central 7000TL
Valores de entrada	
Potencia máx. de CC	7200 W
Tensión máx. de CC	700 V
Rango de tensión FV, MPPT	333 V - 500 V
Corriente máx. de entrada	22 A
Número de seguidores de MPP	1

Número máx. de strings (en paralelo)	4
Valores de salida (CA)	
Potencia nominal de CA	7000 W
Potencia máx. de CA	7000 W
Corriente máx. de salida	31 A
Tensión nominal de CA/ Rango máximo	220 V - 240 V/180 V - 260 V
Frecuencia de red de CA / Rango máximo	50 Hz/60 Hz/+4,5 Hz
General	
Rendimiento máximo	98%
Dimensiones (ancho x alto x fondo) en mm	460/613/242
Peso	32 kg

Tabla 12. Características principales inversor Sunny Mini Central 7000TL. Fuente: Propia.

6.2 Regulador

Se ha explicado en el apartado 3.4 que la función principal de un regulador es controlar el proceso de carga de las baterías desde el sistema fotovoltaico con tal de no dañarlas.

El dimensionado del regulador necesario se va a hacer en función de la corriente máxima que proporcionan los paneles fotovoltaicos teniendo en cuenta el factor de seguridad ya establecido de 15%.

$$I_G = 1,15 \cdot n_{PP} \cdot I_{SC}$$

Eq. 6.2

Donde:

I_G : máxima corriente proporcionada por el conjunto fotovoltaico (en A)

n_{PP} : número de paneles conectados en paralelo. Ya se ha visto que este valor varía en cada uno de los escenarios energéticos, por lo que se va a escoger el mayor número y así encontrar un regulador que pueda instalarse en todos los escenarios. Es el caso del Escenario 2 que cuenta con 32 paneles.

I_{SC} : corriente de cortocircuito (en A). Este valor lo proporciona la ficha técnica del mismo y en el presente proyecto es de 6,50 A.

Aplicando la expresión Eq. 6.2 se obtiene una corriente de 239,2 A.

$$I_G = 1,15 \cdot 32 \cdot 6,50 = 239,2 \text{ A}$$

Aunque también se tiene que tener en cuenta la corriente total consumida por las cargas, que se va a calcular a partir de las potencias que se han determinado anteriormente.

$$I_L = \frac{P_{DC}}{V_{nom}} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv} \cdot V_{nom}} \quad \text{Eq. 6.3}$$

Donde:

I_L : corriente total consumida por las cargas (en A)

P_{DC} : potencia total consumida por las cargas de DC (en W)

V_{nom} : tensión nominal de la instalación (en V). Ya se ha comentado anteriormente que se trataba de 48 V en el proyecto de estudio.

Se han considerado todas las cargas en AC, por lo tanto, la Eq. 6.3 se puede simplificar de la siguiente forma.

$$I_L = \frac{P_{AC}}{\eta_{inv} \cdot V_{nom}}$$

Aplicando la ecuación Eq. 6.3 se ha obtenido una corriente de 134,8039 A.

$$I_L = \frac{5500}{0,85 \cdot 48} = 134,8039 \text{ A}$$

Finalmente, el regulador escogido tendrá que soportar la máxima corriente (I_{reg}) de las dos (I_G, I_L).

$$I_{reg} = \max(I_G, I_L) \quad \text{Eq. 6.4}$$

La máxima corriente se da en el primer caso, es decir la corriente proporcionada por el conjunto fotovoltaico (I_G). Por lo tanto, el regulador tendrá que ser capaz de soportar una corriente 239,2 A.

Características regulador escogido

Una vez determinadas las necesidades del inversor para el sistema de estudio y después de una extensa búsqueda de los diferentes modelos existentes en el mercado, se ha optado por el modelo “Steca Power Tarom 4140” de la casa Steca Elektronik. En la Tabla 13 se especifican las características básicas del modelo escogido.

Regulador	Steca Power Tarom 4140
Tensión del sistema	48 V
Consumo propio	14 mA
Datos de entrada DC	
Tensión de circuito abierto del módulo solar	< 100 V
Corriente del módulo	140 A
Datos de salida DC	
Corriente de consumo	70 A
Tensión de reconexión (SOC/LVR)	> 50%/ 50,4 V
Protección contra descarga profunda <30% (SOC/LVD)	< 30%/ 44,4 V
Datos de la batería	
Tensión final de carga	54,8 V
Tensión de carga reforzada	57,6 V
Carga de compensación	58,8 V
Condiciones de uso	
Temperatura ambiente	- 10º ... +60º
Equipamiento y diseño	
Dimensiones (largo x ancho x fondo)	360 x 330 x190 mm

Tabla 13. Características regulador Steca Power Tarom 4140. Fuente: Propia.

La corriente máxima de cortocircuito de entrada del módulo es de 140 A, no obstante, la corriente que debía ser superada por el regulador es de 246,675 A. Como la corriente de entrada de cortocircuito del regulador o grupo de reguladores debe ser mayor a la corriente calculada de las necesidades, se ha decidido instalar dos reguladores en paralelo que conjuntamente suman 280 A y que sobrepasa las condiciones para no estropear el resto de equipos. [24]

7 Estudio económico

En primer lugar, hace falta diferenciar entre mercado libre y mercado regulado. En el primero, la empresa con la que se tenga el contrato fija el precio del kWh por lo que siempre sabes cuánto va a costarte. En el segundo, que haría referencia a las tarifas PVPC (Precio Voluntario al Pequeño Consumidor), en las que no se supera los 10 kW de potencia contratada, el precio del kWh va cambiando a lo largo de un día según la oferta y demanda del momento.

Detalles de una factura eléctrica:

- Facturación por potencia contratada: Se calcula multiplicando los kW contratados por el precio del kW y por el número de días de periodo de facturación. La potencia contratada viene en función de las características de la vivienda y del uso de los aparatos eléctricos, y su precio es fijo.
- Facturación por la energía consumida: Se calcula multiplicando los kW consumidos durante el periodo de facturación por el precio del kW. La energía consumida viene en función del gasto de energía de una vivienda, y su precio es variable en función de la compañía eléctrica con la que se establezca el contrato.

Después también están los descuentos, servicios, impuestos de electricidad (5,11%), y alquiler de equipos de medida y control, todos ellos dependientes de cada situación. Por último, se aplica el IVA (Impuesto sobre el Valor Añadido), que es el tributo sobre el consumo que establece el Gobierno y equivale al 21%. Todo ello establece el importe total a pagar en la factura eléctrica.

Por otro lado, para la potencia contratada se suelen distinguir tres grupos: potencias inferiores a 10 kW, potencias entre 10 y 15 kW y finalmente las de por encima de 15 kW. En el caso de estudio nos encontramos en la primera, que suele hacer referencia a hogares y que presentan una tarifa de acceso 2.0.

Mantener en buen estado todas las infraestructuras que garantizan la distribución de electricidad es muy caro. Por ello existe la tarifa de acceso (ATR) y que influye tanto en el término fijo como en el término variable de la factura eléctrica y que fija el Gobierno. Todas las tarifas de acceso vienen en función de si tienen o no discriminación horaria. Si no tienen llevarán una A, si tienen discriminación horaria en dos periodos (punta y valle) llevarán una DHA y si la discriminación es en tres periodos (punta, valle y supervalle) llevarán una DHS.

Potencia	Sin DH	Con DH 2 periodos	Con DH 3 periodos
< 10 kW	2.0A	2.0DHA	2.0DHS
10 kW-15 kW	2.1A	2.1DHA	2.1DHS
> 15 kW	3.0A (Siempre tiene DH 3 periodos)		

Ilustración 28. Tipos de contrato en la factura eléctrica. Fuente: Propia.

Para el estudio económico del presente documento se va a realizar un estudio de cada uno de los escenarios además del posible escenario sin sistema fotovoltaico que se llamará escenario base y que será comparado con el resto de los escenarios.

Se ha decidido llevar a cabo un estudio económico de los cuatro escenarios planteados anteriormente con tal de comparar su viabilidad económica a largo plazo. Además, se ha querido ampliar este estudio haciendo una comparativa en cada uno de los escenarios, de una tarifa de SOM ENERGIA con una de ENDESA. SOM ENERGIA produce toda la energía a partir de energías renovables, mientras que ENDESA usa fuentes convencionales para producir energía y por lo tanto las emisiones de CO₂ que conlleva son más elevadas. Además de poder comparar las emisiones que conlleva cada empresa para producir la energía que demanda la vivienda, se podrá hacer una comparativa de dos empresas importantes en Barcelona, por lo que se tendrá una idea de cual es más atractiva para un ciudadano de esta zona. [42]

Tarifa ENDESA

Se ha optado por la tarifa *One Luz*, destinada a potencias contratadas de hasta 10 kW.

- Término de potencia: 3,429702 €/kW y mes
- Término de energía: 0,119893 €/kWh

Ilustración 29. Tarifa eléctrica ENDESA. Fuente: Página oficial de ENDESA.

Tarifa SOM ENERGIA

Se ha optado por la tarifa 2.0A SOM sin discriminación horaria, destinada a potencias contratadas de

hasta 10 kW en el ámbito doméstico.

- Término de potencia: 0,104229 €/kW día
- Término de energía: 0,139 €/kWh

TARIFA 2.0A SOM
Sense discriminació horària

Terme de potència (fix)

38,043426 €/kW any
0,104229 €/kW dia

Tarifa Estàndard

Terme d'energia
0,139 €/kWh

Ilustración 30. Tarifa eléctrica SOM ENERGIA. Fuente: Página oficial de SOM ENERGIA.

7.1 Variación del IPC

Al haber realizado los cálculos para este escenario base, al estudiar tanto los costes iniciales de instalación como mensuales del resto de escenarios, se podrá determinar un posible ahorro o déficit a largo plazo que determinará la viabilidad de cada escenario.

Para realizar el estudio a largo plazo, se ha tenido en cuenta que el precio de la electricidad varía cada mes y por lo tanto cada año. El IPC (Índice de Precios de Consumo) mide la evolución del precio de todos los productos y servicios básicos de las viviendas en España, incluida la evolución del precio de la electricidad. El INE (Instituto Nacional de Estadística) ofrece tanto las tasas mensuales como el incremento o decrecimiento mensual para cada uno de los productos y servicios comentados. [18]

En primer lugar, se ha buscado la tasa correspondiente a la electricidad de cada mes desde 2013 hasta la actualidad. En segundo lugar, se ha hecho el promedio anual para todos ellos. Es importante comparar las tasas anuales y no mensuales porque así se va a representar un comportamiento real y no uno que se pueda ver influido por algún mes en concreto.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Enero (M1)	109,1	111,3	114,5	99,6	125,8	109,4
Febrero (M2)	109,1	111,9	108,6	93,2	110,8	111,4
Marzo (M3)	109,1	111,9	108,1	92,8	104,4	102,9
Abril (M4)	102,3	111,9	109,8	89,9	104,4	103,6
Mayo (M5)	102,3	111,9	108,3	90,5	105,2	110,3

Junio (M6)	102,3	109,5	113,3	98,0	106,2	111,9
Julio (M7)	103,5	107,4	116,6	99,3	105,4	114,0
Agosto (M8)	106,9	109,9	112,8	100,1	105,4	116,8
Septiembre (M9)	106,9	115,8	108,5	101,3	105,8	120,3
Octubre (M10)	109,7	115,1	107,7	108,7	112,4	116,6
Noviembre (M11)	109,7	110,0	110,5	111,1	115,0	115,4
Diciembre (M12)	111,3	110,6	111,4	115,6	115,4	116,0
PROMEDIO	106,8	111,4	110,9	100,0	109,7	112,4
VARIACIÓN RESPECTO AÑO ANTERIOR		4,3	-0,5	-9,8	9,7	2,5

Tabla 14. Variación mensual de la tasa de electricidad debido al IPC. Fuente: Propia.

En tercer lugar, se ha llevado a cabo una representación gráfica de la variación en tanto por ciento de cada año respecto al año anterior. De esta manera se ha podido extraer la ecuación lineal que mejor representa el comportamiento a lo largo de los años para así poder aplicarla a los años futuros.

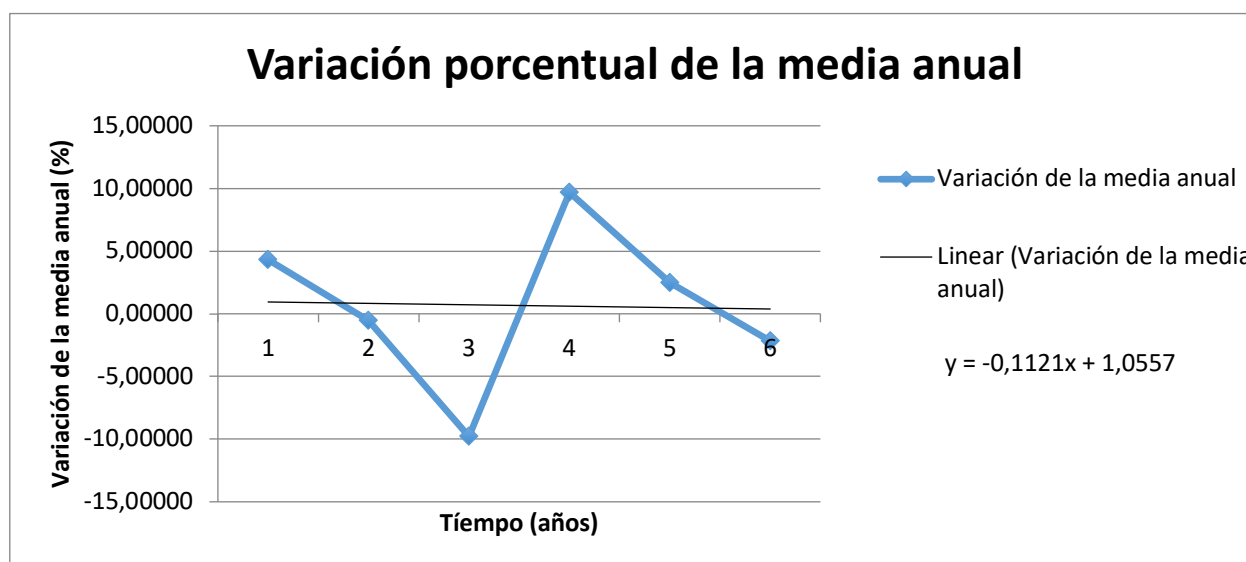


Gráfico 3. Variación porcentual de la media anual de electricidad según datos oficiales del IPC. Fuente: Propia.

Finalmente, aplicando la expresión que representa la tendencia a lo largo de los años, se ha calculado la variación que afectará el precio de la electricidad en los siguientes cincuenta años. A continuación, se ha representado hasta el año 2029 para ver la variación de los siguientes diez años. Se puede comprobar como no es hasta 2029 que la variación disminuye y por lo que se obtendría un menor coste de la electricidad.

Variación IPC Electricidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Variación de la media anual (%)	0,94	0,83	0,72	0,61	0,50	0,38	0,27	0,16	0,05	-0,07

Tabla 15. Variación de la media anual de los próximos 10 años. Fuente: Propia.

7.2 Valorización de la viabilidad de un proyecto: VAN, TIR y Payback

Existen diversas maneras de estudiar la viabilidad de un proyecto, pero antes hay cierta información que se requiere conocer antes de decidir si una inversión se va a llevar a cabo o no. Entre las diferentes maneras destacan el VAN (Valor Actual Neto), el TIR (Tasa Interna de Retorno) y el Payback.

Lo primero de todo, es necesario conocer tanto los costes como las ganancias o ahorros que se obtengan con tal de establecer los *cashflows*, es decir, los flujos de fondos de cada año o en otras palabras la caja generada cada año. Por un lado, los costes serán tanto el coste de instalación de todos los equipos como el coste que se tiene por el hecho de estar conectado a la red y consumir energía. Por otro lado, los ahorros harán referencia tanto al ahorro que se obtiene al dejar de pedir a la red por el hecho de haber instalado un sistema fotovoltaico como a la venta de energía que una vivienda puede hacer a la red por el hecho de tener energía sobrante. [33]

$$\text{Cashflow} = \text{Ahorros} - \text{Inversión inicial} - \text{Pagos} \quad \text{Eq. 7.1}$$

Donde:

- $\text{Inversión} = \text{Coste inicial para implementar todos los equipos necesarios}$ Eq. 7.2

- $\text{Ahorros} = \text{Coste total de la factura sin sistema fotovoltaico} - \text{Energía que se pide a la red teniendo sistema fotovoltaico} + \text{Energía que se vende a la red al tener producción excedente}$ Eq. 7.3

- $\text{Pagos} = \text{Energía que se pide a la red teniendo sistema fotovoltaico}$ Eq. 7.4

Por otro lado, está la tasa de interés real que se expresará con la letra “k” y que refleja la rentabilidad que queremos sacarle al proyecto.

El VAN, también conocido como VPN (Valor Presente Neto), es un criterio de inversión que tiene en cuenta los *cashflows* actualizados para conocer cuanto se va a ganar o perder con la inversión inicial.

$$\text{VAN} = -I + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} \quad \text{Eq. 7.5}$$

Donde:

I : inversión inicial

C_t : *cashflows* de cada periodo t

n : número de periodos de tiempo (t)

k : tasa de interés real. Valor que se exige según la rentabilidad que se le quiera sacar al proyecto. En el proyecto de estudio se ha establecido en un 10%.

- Si $VAN > 0$: Es recomendable llevar a cabo el proyecto
- Si $VAN < 0$: Es recomendable rechazar el proyecto

El TIR, en inglés llamada IRR (Internal Rate of Return), es una medida de la rentabilidad anual que se le saca a un proyecto. Se encuentra igualando la Eq. 7.5 a cero y aislando el término que antes equivalía a la tasa de interés real y que ahora informa del valor del TIR. [31]

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad \text{Eq. 7.6}$$

- Si $TIR > k$: Es recomendable llevar a cabo el proyecto
- Si $TIR < k$: Es recomendable rechazar el proyecto

Finalmente está el *Payback* que se trata del tiempo de retorno de la inversión, normalmente expresado en años. Es un método sencillo que no considera los *cashflows* que se producen después del plazo de recuperación. Para el presente documento se va a llevar a cabo el cálculo del *Payback* de dos maneras diferentes.

- A partir de los flujos de caja de cada periodo sin tener en cuenta la tasa de interés real exigida. Este caso por lo tanto dará los años requeridos para recuperar simplemente la inversión hecha sin tener en cuenta los beneficios que se quieran obtener. Primero se llevará a cabo un estudio de los *cashflows* acumulados, es decir, el *cashflow* final de cada periodo teniendo en cuenta los *cashflows* de los anteriores años. Cuando el valor acumulativo pase de negativo a positivo se habrá rentabilizado el proyecto. Por lo tanto, se va a realizar una interpolación lineal entre dichos valores.
- A partir de los flujos de caja de cada periodo teniendo en cuenta la tasa de interés exigida. Este caso por dará los años requeridos para no solamente recuperar la inversión si no también para obtener los beneficios exigidos en un primer momento. Primero se llevará a cabo un estudio del VAN acumulado, es decir, el VAN final de cada periodo teniendo en cuenta el VAN de los anteriores años. Cuando el valor acumulativo pase de negativo a positivo se habrá rentabilizado el proyecto. Por lo tanto, se va a realizar una interpolación lineal entre dichos valores.

Todas las opciones para el cálculo de la rentabilidad de un proyecto son tanto válidas como complementarias. Es de alta importancia llevar a cabo este cálculo para asegurarse de que vale la pena llevar a cabo un proyecto y que no va a resultar en una pérdida de dinero y tiempo. El plan de

acción, es decir la estrategia final que se lleve a cabo debe ser coherente con el estudio, realista, eficaz y eficiente. [19]

7.3 ESCENARIO BASE – Sin producción fotovoltaica

Para el estudio económico de los diferentes escenarios es importante también tener un escenario base con el que poder compararlos. Este escenario base se define por no tener producción fotovoltaica, ni sistema de almacenamiento, por lo que la red eléctrica es la que suministra toda la energía demandada.

Para el cálculo de la factura del presente año se ha realizado un seguido de cálculos para todos los meses del año y luego se ha hecho un sumatorio de todos ellos:

1. Término de potencia: Es el resultado de multiplicar la potencia contratada (kW) por el término de potencia (€/kW), que varía según la tarifa escogida.
2. Término de energía: Es el resultado de multiplicar el consumo energético mensual (kWh) por el término de energía (€/kWh).
3. Impuestos de electricidad: Es un impuesto aplicado sobre el coste del término de la potencia y del término de energía y que vale 5,11%.
4. Alquiler de equipos: Es el precio que la compañía te exige pagar por el alquiler de los equipos.
5. IVA (Impuesto sobre el Valor Añadido): Es un impuesto aplicado sobre el coste total de todos los otros puntos y que vale 21%.
- 6.

Factura eléctrica - ESCENARIO SIN PANELES	
Potencia contratada (kW)	5,5
Término de potencia (€/kW mes)	3,429702
Consumo de energía mensual (kWh)	Depende de cada mes
Término de energía (€/kWh)	0,119893
Impuestos de electricidad	5,11%
Alquiler de equipos	1,10
IVA	21%

Tabla 16. Términos de la factura de ENDESA ENERGIA (Escenarios base). Fuente: Propia

Factura eléctrica - ESCENARIO SIN PANELES	
Potencia contratada (kW)	5,5
Término de potencia (€/kW mes)	3,12687
Consumo de energía mensual (kWh)	Depende de cada mes
Término de energía (€/kWh)	0,139
Impuestos de electricidad	5,11%
Alquiler de equipos	0,81
IVA	21%

Tabla 17. Términos de la factura de SOM ENERGIA ENERGIA (Escenarios base). Fuente: Propia.

Llevando a cabo estos cálculos para todos los meses del año y cada tarifa, se puede determinar el coste total que supondría estar conectado a la red para abastecer todas las cargas a partir de ella. Además, se puede obtener el beneficio que una tarifa supone respecto de la otra. Se ha obtenido un ahorro de 217,12 euros al contratar el suministro eléctrico con ENDESA en vez de con SOM ENERGIA.

Coste total - Tarifa ENDESA	1840,96
Coste total - Tarifa SOM ENERGIA	2056,29
Ahorro con ENDESA (€/año)	215,33

Tabla 18. Comparación del coste de las facturas de ENDESA y SOM ENERGIA ENERGIA (Escenarios 1 y 3). Fuente: Propia

7.4 ESCENARIO SOLAR DECATHLON EUROPE 2019

Ya se ha comentado en apartados anteriores que el sistema de producción de energía descrito por la organización del SDE19 cuenta con varias restricciones, por lo que, al tener un número reducido de equipos, el coste de instalación de este escenario va a ser más bajo.

- Cálculo de los costes de instalación

Se ha realizado un listado de todos los equipos que forman el sistema en global y el precio que supone cada uno de ellos. A continuación, se encuentra una tabla que resume todos estos costes, y que sumados representan la inversión inicial que hay que llevar a cabo. Para este escenario, la inversión inicial supone 6517,5 euros.

Equipo	Unidades	Precio por unidad	Precio total
Paneles solares	14,00	300	2100
Inversor DC/AC	1	2117,5	100
Regulador DC/DC	0	2500	0
Baterías	0	150	0
Cableado	1	200	200
			6517,5 €

Tabla 19. Coste de instalación Escenario SDE19. Fuente: Propia.

- Cálculo de los *cashflows* y *cashflows* acumulados anuales

Aplicando la Eq. 7.4 se obtienen los pagos que hay que realizar cada año no solo por el hecho de estar conectados a la red eléctrica (término fijo de potencia), si no también por el hecho de consumir energía de la red eléctrica (término variable de electricidad) ya que en todos los meses se ha visto que se va a requerir pedir a la red. Aplicando la Eq. 7.3 se obtienen los ahorros que se obtienen mensualmente al tener un sistema fotovoltaico conectado en comparación a no tenerlo.

Como bien se explicaba en el apartado 5.4.3, en este escenario se ha supuesto que el coste de compra y de venta de la energía es el mismo, de manera que el término de costes será simplemente el coste del término de potencia y el término de ahorros será el coste de la tarifa más el beneficio obtenido de la venta de la energía sobrante.

Se calcularán tanto costes como ahorros para el año 2019, y después se aplicará el incremento o decrecimiento anual del IPC para cada periodo. Finalmente, aplicando la expresión Eq. 7.2 se obtendrán los *cashflows* de cada año. Para el posterior cálculo del *Payback* va a ser necesario conocer los *cashflows* acumulados, por lo que se van a calcular sumando el *cashflow* acumulado del año anterior (que en los primeros años de la inversión suele ser negativo) más el *cashflow* del año que se está estudiando.

En la Tabla 20 se ha querido representar los cálculos realizados desde el año presente hasta el año 2033 para el posterior cálculo de la rentabilidad del Escenario Solar Decathlon Europe. No obstante, se puede tomar como base para hacer los escenarios que le van a proseguir.

Cálculo VAN	HORIZONTE															
	AÑO	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Inversión	6518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pagos Total	0	749	756	762	768	772	776	779	781	782	783	782	781	779	775	771
Ahorro Total	0	1378	1391	1402	1412	1421	1428	1433	1437	1440	1440	1439	1437	1433	1427	1420
Movimiento de Fondos (Ahorro-Costes)	-6518	629	635	640	645	649	652	654	656	657	658	657	656	654	651	648
Tasa de interés real	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Movimiento de Fondos Acumulado (Rentabilidad)	-6518	-5888	-5254	-4613	-3969	-3320	-2668	-2013	-1357	-700	-42	615	1271	1925	2576	3224
Actualizado (VAN)	-6518	572	525	481	440	403	368	336	306	279	254	230	209	189	172	155
VAN		-5946	-5421	-4940		-4097					-2554	-35727		-1926	-1754	-26730

Tabla 20. Cálculo del VAN (Tarifa ENDESA). Fuente: Propia.

- Cálculo del VAN, TIR y Payback

Finalmente se ha hecho el estudio de la viabilidad del escenario, tanto calculando el VAN, como el TIR como el Payback siguiendo los pasos descritos en el apartado 7.2.

TIR 5 años (%)	-20%
TIR 10 años (%)	0%
Payback con cashflows (años)	10,06
Payback con VAN (años)	> 10
VAN (5 años)	-4096,69
VAN (10 años)	-2554,44

Tabla 21. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario SDE19 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.

TIR 5 años (%)	-16%
TIR 10 años (%)	2,44%
Payback con cashflows (años)	8,79
Payback con VAN (años)	> 10
VAN (5 años)	-3739,22
VAN (10 años)	-1969,23

Tabla 22. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario SDE19 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.

7.5 ESCENARIO 1 - Sistema fotovoltaico sin conexión a red y sin sistema de almacenamiento

En apartados anteriores ya se ha comentado que este escenario no se dará en la vida real en ninguna circunstancia y por lo tanto no tendría sentido llevar a cabo un estudio económico detallado. No obstante, se ha realizado un listado de los costes que conlleva instalar todos los paneles fotovoltaicos. El coste de instalación obtenido es de 9517,5 euros en total.

Equipo	Unidades	Precio por unidad	Precio total
Paneles solares	24	300	7200
Inversor DC/AC	1	2117,5	2117,5
Regulador DC/DC	0	2500	0
Baterías	0	150	0
Cableado	1	200	200
			9517,5 €

Tabla 23. Costes de instalación Escenario 1. Fuente: Propia.

7.6 ESCENARIO 2 – Sistema fotovoltaico sin conexión a red y con sistema de almacenamiento

En este escenario no hay acceso a la red eléctrica, por lo tanto, todos los costes que se tendrían en el escenario base por el hecho de estar conectado a red aquí no se tienen en cuenta como pérdidas sino como un ahorro y por lo tanto como beneficios. Además, al no tener conexión a red no hay la posibilidad de vender nada de energía producida sobrante a la red eléctrica y por lo tanto los ahorros se limitan al coste de la tarifa en el caso de no tener sistema fotovoltaico. No obstante, en este caso existe un alto coste de instalación debido al sistema de almacenamiento que se tendrá que tener en cuenta y que va a afectar en el tiempo de retorno de la inversión inicial. En la Tabla 24 que resume todos estos costes, y que sumados representan la inversión inicial que hay que llevar a cabo.

Equipo	Unidades	Precio por unidad	Precio total
Paneles solares	32	300	9600
Inversor DC/AC	1	2117,5	2117,5
Regulador DC/DC	2	2500	5000
Baterías	24	150	3600
Cableado	1	200	200
			20517,5 €

Tabla 24. Costes de instalación Escenario 2. Fuente: Propia.

Se ha comentado anteriormente que los escenarios que no estén conectados a la red deberán dimensionarse para el mes más crítico, por lo que en el resto de los meses del año habrá una súper producción de energía. Este excedente no puede ser considerado y por lo tanto se perderá.

Siguiendo los procedimientos de cálculos descritos en el apartado 7.4, se han obtenido los siguientes resultados.

TIR 5 años (%)	-21%
TIR 15 años (%)	-1%
Payback con cashflows (años)	10,81
Payback con VAN (años)	> 10
VAN (5 años)	-13432,30
VAN (10 años)	-8918,46

Tabla 25. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 2 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.

TIR 5 años (%)	-19%
TIR 15 años (%)	1%
Payback con cashflows (años)	9,70
Payback con VAN (años)	12,06
VAN (5 años)	-12603,57
VAN (10 años)	-7561,76

Tabla 26. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 2 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.

7.7 ESCENARIO 3 – Sistema fotovoltaico con conexión a red y sin sistema de almacenamiento

Este caso es igual que el Escenario Solar Decathlon Europe 2019 pero sin restricciones, por lo que el cálculo de los pagos y ahorros y por lo tanto de los *cashflows* del proyecto se va a hacer de la misma manera. No obstante, el coste de instalación es un poco más elevado que el del escenario del concurso ya que el Escenario 3 cuenta con más paneles fotovoltaicos y el coste sube hasta resultar en 7417,5 euros.

Equipo	Unidades	Precio por unidad	Precio total
Paneles solares	17	300	5100
Inversor DC/AC	1	2117,5	2117,5
Regulador DC/DC	0	2500	0
Baterías	0	150	0
Cableado	1	200	200
			7417,5 €

Tabla 27. Costes de instalación Escenario 3. Fuente: Propia.

Siguiendo los procedimientos de cálculos descritos en el apartado 7.4, se han obtenido los siguientes resultados.

TIR 5 años (%)	4%
TIR 15 años (%)	18%
Payback con <i>cashflows</i> (años)	4,46
Payback con VAN (años)	6,17
VAN (5 años)	-1108,57
VAN (10 años)	2910,73

Tabla 28. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 3 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.

TIR 5 años (%)	9%
TIR 15 años (%)	22,68%
Payback con <i>cashflows</i> (años)	3,87
Payback con VAN (años)	5,12
VAN (5 años)	-131,45
VAN (10 años)	4510,34

Tabla 29. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 3 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.

7.8 ESCENARIO 4 – Sistema fotovoltaico con conexión a red y sin sistema de almacenamiento

Finalmente se ha realizado el estudio económico del Escenario 4 sin tener en cuenta las limitaciones de la normativa. Este, junto con el Escenario 2, va a ser los que impliquen un mayor coste inicial. No obstante, en este escenario al tener conexión a red no se ha dimensionado para el mes más crítico y cuenta con un menos número de paneles solares, por lo que el precio aun siendo de los más altos, será más bajo que en el escenario 2. EN concreto, el coste inicial que hay que realizar en el Escenario 4 es de 17817,5 euros.

Equipo	Unidades	Precio por unidad	Precio total
Paneles solares	23	300	6900
Inversor DC/AC	1	2117,5	2117,5
Regulador DC/DC	2	2500	5000
Baterías	24	150	3600
Cableado	1	200	200
			17817,5 €

Tabla 30. Costes de instalación Escenario 4. Fuente: Propia.

En cuanto a los pagos, en este escenario hay acceso a la red eléctrica, aunque no se le pide energía en ningún momento, por lo que el término de potencia de la tarifa sí que supondrá un coste mensual pero no lo hará el término de electricidad.

Ya se ha dicho que no se va a consumir electricidad de la red eléctrica porque el escenario ya cuenta con un sistema de almacenamiento con una autonomía de tres días. Por lo tanto, los ahorros del Escenario 4 serán equivalentes al coste de la tarifa que no se paga mensualmente ya que no se requiere de ella más los beneficios obtenidos de la venta de energía sobrante.

Siguiendo los procedimientos de cálculos descritos en el apartado 7.4, y teniendo en cuenta los detalles de este escenario, se han obtenido los siguientes resultados.

TIR 5 años (%)	-19%
TIR 10 años (%)	1%
Payback con cashflows (años)	9,62
Payback con VAN (años)	12,06
VAN (5 años)	-10890,97
VAN (10 años)	-6478,22

Tabla 31. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 4 con la tarifa ENDESA. Fuente: Propia.

TIR 5 años (%)	-15%
TIR 10 años (%)	3,45%
Payback con cashflows (años)	8,35
Payback con VAN (años)	15,03
VAN (5 años)	-9815,44
VAN (10 años)	-4717,48

Tabla 32. Estudio de la rentabilidad por diferentes métodos del Escenario 4 con la tarifa SOM ENERGIA. Fuente: Propia.

8 Comparativa de los diferentes escenarios energéticos

		ESCENARIO SDE19	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4
Conexión a red		Sí	No	No	Sí	Sí
Sistema de almacenamiento		No	No	Sí	No	Sí
COMPARATIVA DE ESCENARIOS						
General	Número total de módulos	14	24	32	17	23
	Número de módulos en serie	1	1	1	1	1
	Número de módulos en paralelo	14	24	32	17	23
	Número total de baterías	0	0	24	0	24
	Número de baterías en serie	0	0	24	0	24
	Número de baterías en paralelo	0	0	1	0	1
	Número de inversores	1	1	1	1	1
	Número de reguladores	0	0	1	0	1
	Coste de instalación (euros)	6517,5	9517,5	20517,5	7417,5	17817,5

Tabla 33. Comparativa de conceptos generales de los diferentes escenarios. Fuente: Propia.

		ESCENARIO SDE19	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4
Conexión a red		Sí	No	No	Sí	Sí
Sistema de almacenamiento		No	No	Sí	No	Sí
COMPARATIVA DE ESCENARIOS						
Tarifa ENDESA	VAN (5 años)	-4096,69	-	-13432,30	-1108,57	-10890,97
	VAN (10 años)	-2554,44	-	-8918,46	2910,73	-6478,22
	Tasa de interés real	10%	-	10%	10%	10%
	TIR 5 años (%)	-20%	-	-21%	4%	-19%
	TIR 10 años (%)	0%	-	-1%	18%	1%
	Payback con cashflows (años)	10,06	-	10,81	4,46	9,62
	Payback con VAN (años)	> 10	-	> 10	6,17	> 10
Tarifa SOM ENERGIA	VAN (5 años)	-3739,22	-	-12603,57	-131,45	-9815,44
	VAN (10 años)	-1969,23	-	-7561,76	4510,34	-4717,48
	Tasa de interés real	10%	-	10%	10%	10%
	TIR 5 años(%)	-16%	-	-19%	9%	-15,1%
	TIR 10 años (%)	2%	-	1%	23%	3,5%
	Payback con cashflows (años)	8,79	-	9,70	3,87	8,35
	Payback con VAN (años)	> 10	-	> 10	5,12	> 10

Tabla 34. Comparativa de la rentabilidad de los diferentes escenarios. Fuente: Propia.

En la (Tabla 33. Comparativa de conceptos generales de los diferentes escenarios. Fuente: Propia. se ha hecho una comparativa de los datos más generales que representan cada escenario. En primer lugar, el Escenario 1 es el que más paneles fotovoltaicos requiere, ya que se trata del caso con mayor consumo además de no tener acceso a la red eléctrica, por lo que se ha dimensionado para el mes más crítico. En segundo lugar, los Escenarios 2 y 4 requieren de grandes inversiones iniciales ya que cuentan con sistema de almacenamiento. No sólo implica grandes costes el número de baterías que deben ser instaladas, si no que están requieren de dos reguladores para que no fallen, por lo que aun se aumenta más el coste. Es una duda muy frecuente decidir entre si instalar sistema de almacenamiento o no en un proyecto de este estilo, ya que muchas veces requieren de inversiones que nunca se amortizan. Por ello es importante siempre realizar un estudio económico que demuestre o desmienta la viabilidad de un proyecto. Finalmente, el Escenario Solar Decathlon Europe 2019 se trata de el más económico, pero esto es simplemente porque al haberse dimensionado con restricciones cuanta con menor número de equipos necesarios.

En la segunda tabla (Tabla 34) se ha hecho una comparativa de los datos relacionados con la viabilidad económica de cada escenario a partir de tres métodos; VAN, TIR y *Payback*. Ya se ha comentado anteriormente que el Escenario 1 no se realizaría puesto que se trata de un escenario poco realista y nada práctico. En cuanto al Escenario 2 y Escenario 4, el VAN es negativo pasado los 10 años para ambas tarifas, el TIR no supera la tasa de interés exigida y el *Payback* es mucho más elevado a 10 años, periodo que se ha fijado para este estudio. Por lo tanto, ni el Escenario 1 y ni el Escenario 4 se llevarían a cabo y por lo tanto pueden ser rechazados. El Escenario Solar Decathlon Europe es parecido a los dos comentados aunque parece que requiere de un menor tiempo de retorno, principalmente porque tiene una inversión inicial más baja. En cuanto al Escenario 3, el tiempo de retorno es de 4,46 en el caso de la Tarifa de ENDESA y de 3,87 en el caso de SOM ENERGIA. Por otro lado el TIR es mayor a la tasa de interés exigida pasados los 10 años, obteniendo incluso mayores beneficios a los requeridos. Se puede concluir diciendo que el sistema óptimo es el Escenario 3, en que no existe sistema de almacenamiento pero si conexión a red y que el resto de escenarios serían rechazados.

9 Huella ecológica

Cada vez somos más los que defendemos las energías renovables, ¿pero son tan renovables como pensamos? No es raro escuchar que la energía solar, debido al bajo rendimiento de los paneles solares para transformarla en electricidad, tiene dificultades para compensar la energía que es usada para fabricar los módulos fotovoltaicos.

No obstante, estudios afirman que un panel fotovoltaico sí que devuelve sobradamente la energía necesaria para su fabricación. Según el documento “Report IEA-PVPS-T10-01:2006” que tiene por título “Compared assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities”, en la ciudad de Barcelona se tardaría 2,1 años de una instalación fotovoltaica en producir limpiamente la energía que se consume en producir todos los equipos que integran un sistema fotovoltaico. Este valor está muy por debajo de los 25 años que ofrece una empresa normalmente como garantía de los módulos fotovoltaicos. En concreto, el retorno de energía durante la vida útil de los módulos fotovoltaicos es 13,2 veces mayor a la energía requerida para la producción de dichos. Finalmente, comportan una reducción significativa en cuanto a las emisiones de CO₂. En concreto, 15,9 toneladas de CO₂ se mitigan por cada kW.

Barcelona	Irradiación horizontal global 1446 kWh / m ²
	Techo (ángulo de inclinación de 30°)
Producción anual (kWh/kWp)	1193
Tiempo de devolución de energía (años)	2,1
Factor de retorno de energía (número de veces)	13,2
Potencial para la mitigación de CO ₂ (tCO ₂ / kWp)	15,9

Tabla 35. Retorno energético de los módulos fotovoltaicos. Fuente: Propia.

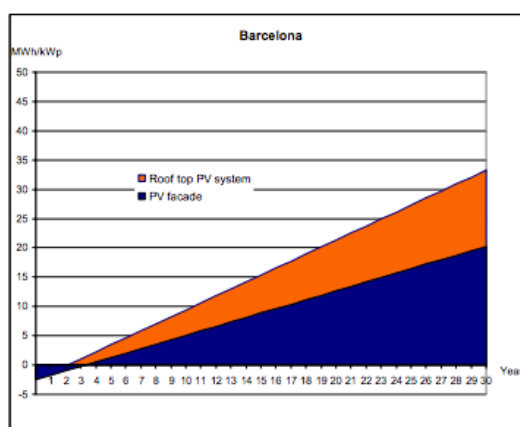


Ilustración 31. Producción neta acumulativa de energía durante la vida útil del sistema de energía. Fuente: Report IEA-PVPS-T10-01:2006

Anteriormente se ha hablado de distintos escenarios energéticos, algunos de ellos conectados a la red eléctrica. Pero, ¿cómo producen la energía estas comercializadoras? Exceptuando algunas pocas, como bien SOM ENERGIA, usan fuentes no renovables para la producción de electricidad que llega a nuestras viviendas. Por lo tanto al establecer contratos con estas empresas también estamos contribuyendo de alguna manera a la contaminación global. Aunque no seamos conscientes de ello, un hogar medio español emite más de doce toneladas de CO₂ a la atmósfera cada año.

La huella de carbono de una vivienda hace referencia a las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera solo por el hecho de llevar a cabo las actividades del día a día. Según la página web CarbonFootprint, 0,3090 kg de CO₂ se emiten por cada kWh consumido en España. Esta es una aproximación que se puede establecer como promedio. Teniendo en cuenta este término de emisiones para la tarifa de ENDESA y de un término nulo para la de SOM ENERGIA ya que es energía que proviene de fuentes renovables, se ha estudiado las emisiones que cada escenario comporta. A continuación se han presentado los resultados para cada escenario.

Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa ENDESA	3,3157908
Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa SOM ENERGIA	0
Ahorro con SOM ENERGIA (toneladas CO ₂ /año)	3,3157908

Tabla 36. Comparación emisiones de CO₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario SDE19). Fuente: Propia

Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa ENDESA	3,3157908
Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa SOM ENERGIA	0
Ahorro con SOM ENERGIA (toneladas CO ₂ /año)	3,3157908

Tabla 37. Comparación emisiones de CO₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 1). Fuente: Propia

Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa ENDESA	4,1703376
Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa SOM ENERGIA	0
Ahorro con SOM ENERGIA (toneladas CO ₂ /año)	4,1703376

Tabla 38. Comparación emisiones de CO₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 2). Fuente: Propia.

Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa ENDESA	3,3157908
Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa SOM ENERGIA	0
Ahorro con SOM ENERGIA (toneladas CO ₂ /año)	3,3157908

Tabla 39. . Comparación emisiones de CO₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 3). Fuente: Propia.

Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa ENDESA	4,1703376
Emisiones totales (toneladas CO ₂ /año) - Tarifa SOM ENERGIA	0
Ahorro con SOM ENERGIA (toneladas CO ₂ /año)	4,1703376

Tabla 40. . Comparación emisiones de CO₂ con la tarifa ENDESA y SOM ENERGIA (Escenario 4). Fuente: Propia.

Los escenarios que conllevan mayores emisiones son los Escenarios 2 y 4 ya que el consumo anual que tienen es más elevado que el resto. Al tratarse de escenarios con sistema fotovoltaico, las emisiones de CO₂ a la atmósfera son mucho menores que las que emite una vivienda actual.

$$\% \text{ de ahorro de emisiones de CO}_2 = \frac{\text{Emisiones del prototipo}}{\text{Emisiones hogar medio español}} \quad \text{Eq. 9.1}$$

De hecho, aplicando la Eq. 9.1 se puede comprobar que el prototipo de estudio solo emite un 34,75% de las emisiones de CO₂ que emitiría una vivienda española actual.

$$\% \text{ de ahorro de emisiones de CO}_2 = \frac{4,1703376 \text{ toneladas}}{12 \text{ toneladas}} = 34,75 \%$$

Además, es importante comentar que en los escenarios con sobrante de energía producida, al vender la energía proveniente de una fuente renovable a una empresa como ENDESA que basa su producción a partir de fuentes no renovables, se estaría contribuyendo al aumento del porcentaje global de producción a partir de fuentes renovables y a la reducción de las necesidades de producción de otras fuentes no renovables. [17] [21] [22]

10 Coste económico

A lo largo del proyecto se ha llevado a cabo un estudio económico de todos los costes que implica instalar un sistema fotovoltaico en diferentes condiciones. No obstante, estos no son los únicos costes que existen en un proyecto de ingeniería. El/los ingenieros que desarrollen el proyecto y lleven a cabo el diseño de este también tienen que ser contemplados, además de costes como bien serían equipos de medida, de cálculo, softwares...

Durante la realización de este proyecto solo se han usado programas durante un periodo corto de tiempo por lo que con los días de prueba que ofrecen es suficiente y no implica ningún coste. Por lo tanto lo primordial va a ser el coste de las horas de ingeniería y que en ocasiones suelen ser superiores a los del la implementación del proyecto, en este caso del prototipo. Se ha considerado que los que realizan el proyecto son ingenieros en prácticas por lo que el precio horario es de 20 €/hora.

Costes de recursos humanos	Precio (euros/hora)	Horas	Coste (euros)
Estudio de mercado	20	45	900
Investigación de los componentes existentes	20	70	1400
Fase de diseño de la vivienda	20	150	3000
Fase de construcción de la vivienda	20	120	2400
Realización del dimensionamiento de las instalaciones	20	150	3000
Administración y realización del documento final	10	70	700
TOTAL		605	11400

Tabla 41. Desglose de los costes de recursos humanos del proyecto. Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta el total de horas necesarias para la realización del proyecto y suponiendo que trabajan ocho horas diarias (jornada completa) y que un mes tiene 22 días laborables, se puede establecer el tiempo de diseño del proyecto en meses.

$$\text{Tiempo de realización del proyecto} = \frac{\text{Horas de ingeniería}}{\text{Horas al mes}} \quad \text{Eq. 10.1}$$

Aplicando la expresión Eq. 10.1, sale un total de 3,4375 meses realizar el presente proyecto.

$$\text{Tiempo de realización del proyecto} = \frac{605}{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot 22 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 3,4375 \text{ meses}$$

Se puede concluir diciendo que el coste de ingeniería es muchísimo más bajo que el coste del prototipo incluyendo todos los materiales y equipos que se trata de aproximadamente 155000 euros. [28] [29]

11 Conclusiones

La economía circular es un sistema económico destinado a minimizar el desperdicio y aprovechar al máximo los recursos. En un sistema de este tipo, la entrada de recursos y el desperdicio, las emisiones y las fugas de energía se minimizan al ralentizar, cerrar y reducir la energía y los bucles de material. El prototipo de estudio tiene una estrategia de economía circular a pequeña escala porque cierra los ciclos metabólicos. El cierre de los ciclos metabólicos consiste en utilizar la materia como un recurso de manera ininterrumpida, transformándola constantemente después de que se haya utilizado para que esta materia se convierta nuevamente en un recurso útil.

Existen también otras soluciones para colaborar en la reducción del consumo energético y de las emisiones de CO₂, como bien el reciclaje, la optimización de servicios, la producción de energía renovable... Todas ellas son válidas, y todas ellas tienen un punto en común; la ciudad. Uno puede cambiar a nivel individual, pero si no lo hacemos todos, no habrá un cambio significativo, y eso se consigue con un cambio de infraestructuras y de mentalidad en las ciudades. Esto requiere tener modelos a seguir y tiempo para realizar el cambio. El prototipo va estar situado en el Campus EEBE y se va a convertir en un punto de servicios y de encuentro para los vecinos de la zona y por lo tanto en un modelo a seguir. Las personas que habiten en la zona formarán parte del proyecto y por lo tanto del cambio y concienciación hacia una vida más sostenible.

En el presente documento se han estudiado diferentes escenarios aplicados al prototipo, no solo en base a las condiciones que impartía la organización del concurso Solar Decathlon, si no también a condiciones alternativas planteadas. El objetivo principal ha sido hacer una comparativa a nivel económico de todos los posibles casos que pueden darse en la actualidad en relación a una vivienda. Después de un extenso estudio se ha llegado a la conclusión de que actualmente el caso más económico y más rentable es el de un sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica y sin sistema de almacenamiento. Por otro lado, las baterías aumentan mucho el coste inicial y por lo tanto es un coste que cuesta asimilar y recuperar a lo largo del tiempo. Por otro lado, un sistema conectado a la red es un sinónimo de fiabilidad puesto que la red eléctrica es prácticamente imposible que de problemas a nivel doméstico. Este sería el equivalente al Escenario 3 planteado a lo largo del trabajo. En cuanto a dicho escenario, se habían plantado dos tarifas diferentes, una con ENDESA y otra con SOM ENERGIA. La tarifa con SOM ENERGIA no solo implica un menor tiempo de retorno de la inversión realizada y por lo tanto la obtención de beneficios antes si no que también conlleva menos emisiones de CO₂ al tratarse de una empresa que genera toda su energía a partir de fuentes renovables. Por lo tanto a modo de conclusión, el escenario óptimo es el Escenario 3 con la tarifa de SOM ENERGIA.

Aunque en la actualidad haya cada vez más avances en la tecnología, aun hay mucho por descubrir y desarrollar. Una casa 100% eficiente es viable actualmente, no obstante, requiere de una inversión muy elevada que normalmente es poco agradable. Se necesita gente valiente que quiera incorporar equipos de este tipo en sus viviendas con tal de aumentar la competitividad del mercado y así ayudar a rebajar los costes. Además también se necesita un cambio de mentalidad a nivel global, cosa que solo pueden empezar las normativas a nivel nacional. A nivel personal creo que los ciudadanos no son conscientes del impacto que puede realizar su cambio de hábitos y en que manera pueden colaborar a la mejora de las condiciones de eficiencia de una vivienda. También opino que es importante llevar a cabo conferencias, exposiciones y concursos como el Solar Decathlon Europe que motiven e informen a los ciudadanos sobre las innovaciones en el ámbito energético. Solo espero y deseo que en un futuro todas las casas funcionen a partir de fuentes renovables y que el impacto medioambiental negativo que estamos provocando deje de ser un problema.

12 Referencias

- [1] S. Decathlon, «<https://www.solardecathlon.gov/international-europe.html>,» 2019. [En línea].
- [2] PVGIS, «<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&m>,» 2019. [En línea].
- [3] M. Solar, «<https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html>,» 2019. [En línea].
- [4] S. solar, «https://es.wikipedia.org/wiki/Seguidor_solar,» 2019. [En línea].
- [5] E. d. calor, «<http://www.ub.edu/geoimatge/es/content/efecto-de-la-disminución-de-calor-consiguiente-de-la-inclinación-de-los-rayos-solares-en>,» [En línea].
- [6] E. d. calor, «<http://www.ub.edu/geoimatge/es/content/efecto-de-la-disminución-de-calor-consiguiente-de-la-inclinación-de-los-rayos-solares-en>,» [En línea].
- [7] SotySolar, «<https://sotysolar.es/placas-solares/seguidores-solares>,» [En línea].
- [8] S. y. aislantes, «http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/condsemicondais2_27505.pdf,» 2019. [En línea].
- [9] A. c. fotovoltaica, «<http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4135/577569.pdf?sequence=1>,» 2019. [En línea].
- [10] P. d. funcionamiento, «http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios_funcionamiento.html,» 2019. [En línea].
- [11] C. solares, «<https://panelessolaresfotovoltaicos.org/celulas-solares/>,» 2019. [En línea].
- [12] P. e. contratada, «<https://www.endesaclientes.com/blog/que-potencia-necesita-mi-casa>,» 2019. [En línea].
- [13] H. S. Pico, «<https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/>,» 2019. [En línea].

- [14] A. energía, «<https://inarquia.es/almacenar-energia-solar-casa/>,» 2019. [En línea].
- [15] T. d. baterías, «<https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>,» 2019. [En línea].
- [16] C. s. solar, «<https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>,» 2019. [En línea].
- [17] C. energía, «<https://actitudecologica.com/compensa-panel-fotovoltaico-energia-necesaria-para-su-fabricacion/>,» 2019. [En línea].
- [18] IPC, «<https://www.cuentasclaras.es/como-funciona/ipc-que-es-y-como-afecta/>,» 2019. [En línea].
- [19] VAN, «<https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>,» 2019. [En línea].
- [20] P. recomendada, «<http://www.bajatelapotencia.org/la-potencia-que-necesitas/>,» 2019. [En línea].
- [21] C. menos, «<https://www.endesaclientes.com/blog/reducir-huella-carbono/>,» 2019. [En línea].
- [22] H. d. carbono, «<https://www.endesaclientes.com/blog/calcular-huella-carbono/>,» 2019. [En línea].
- [23] U. b. d. calor, «<https://re-magazine.saunierduval.es/proyectos/bomba-de-calor-alimentando-un-sistema-de-fancoils-y-suelo-radiante/>,» 2019. [En línea].
- [24] C. regulador, «<https://www.monsolar.com/regulador-steca-power-tarom-4140-de-48v-y-140a.html>,» 2019. [En línea].
- [25] E. f. d. carbono, «<https://opinioneselectrodomesticos.com/campana-extractora-filtro-carbono/>,» 2019. [En línea].
- [26] C. extractora, « https://www.miele.es/pmedia/ZGA/TX3587/10702340-000-02_10702340-02.pdf,» 2019. [En línea].
- [27] N. española, «<https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>,» 2019. [En línea].

- [28] M. económica,
«https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11082/Memòria_Econòmica.pdf?sequence=3&isAllowed=y,» 2019. [En línea].
- [29] M. económica,
«https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11118/Memòria_econòmica.pdf,» 2019. [En línea].
- [30] E. TO, Project manual 5, 2019.
- [31] TIR, «<https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>,» 2019. [En línea].
- [32] M. T. i. G. M. I. C. d. J. F. R. I. Ruai., Energía solar, 2019.
- [33] A. p. d. inversión, «<https://www.circulante.com/finanzas-corporativas/como-analizar-proyectos-inversion-cash-flow-rentabilidad/>,» 2019. [En línea].
- [34] INE, «<http://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=246&L=0>,» 2019. [En línea].
- [35] H. M. García, Guía de diseño mejorado en el dimensionado de una instalación de ESF IV.
- [36] H. M. García, Guía de diseño mejorado en el dimensionado de una instalación de ESF III, 2019.
- [37] H. M. García, Guía de diseño mejorado en el dimensionado de una instalación de ESF II, 2019.
- [38] H. M. García, Dimensionado de instalaciones para sistemas de bombeo, 2019.
- [39] H. M. García, Dimensionado de Instalaciones con Baterías, 2019.
- [40] E. e. foundation, Solar Decathlon Europe 19, 2019.
- [41] P. fotovoltaico, «<https://us.sunpower.com/sites/default/files/sp-x21-350blk-335blk-ds-en-ltr-mc4comp-527835.pdf>,» 2019. [En línea].
- [42] T. endesa, «<https://www.endesaclientes.com/static/iberia/terminos-tarifa-one-luz20dha.pdf>,» 2019. [En línea].

13 Anexos



SunPower® Performance Series | P17

SunPower® Performance Series panels are designed to deliver consistent performance for many decades in commercial applications.

Helix™ Roof Compatible Modules

Factory-installed clips enable tool-free panel installation, decreasing installation time and minimizing business disruption.¹

Increased Energy Production

The Performance Series modules deliver more energy due to higher performance in row-to-row shading, enabling closer row spacing and more energy from the same area. The unique parallel circuitry limits shading loss to the shaded area only instead of much larger sections of energy loss in conventional panels.²

Design Tip: When modeling P-Series energy performance be sure to use linear shading losses. For more detailed guidance please visit <https://us.sunpower.com/sites/sunpower/files/media-library/manuals/mn-sunpower-p-series-modeling-guide.pdf>

Higher Efficiency

The Performance Series design minimizes white space between solar cells, eliminates reflective metal lines on the cells, and lowers electrical resistance between cells, increasing efficiency compared to Conventional Commercial Panels.³

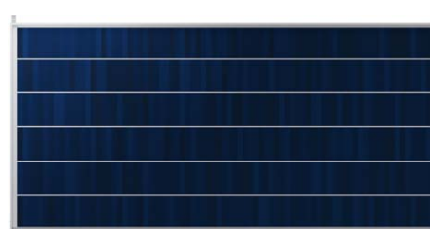
High Reliability

Innovative panel design uses flexible and redundant electrical connections between solar cells to deliver enhanced reliability.

SunPower Quality

Tested to SunPower's rigorous quality standards, and backed by the industry's best Combined Power and Product Warranty.

High Performance & Excellent Reliability

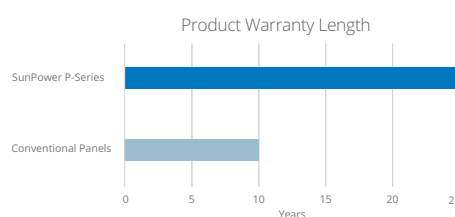


SPR-P17-COM

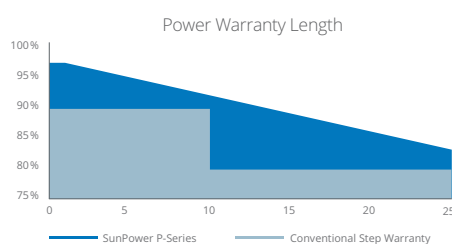


25 Year Combined Warranty

Protect your investment



SunPower provides the best 25 year Combined Power and Product warranty in the industry, providing coverage regardless of product defect or power loss.



SunPower's Performance Series is warranted to produce more than 97% power in the first year, then declining by 0.6% per year, ending at 82.6% power after 25 years.

Datasheet

SUNPOWER®



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



SunPower® Performance Series | P17

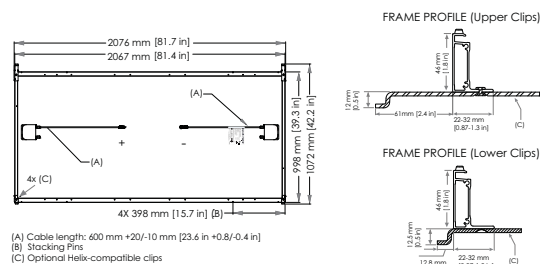
Electrical Data, STC ⁴		
Model	SPR-P17-350-COM	SPR-P17-340-COM
Nominal Power (P _{nom})	350 W	340 W
Power Tolerance	+5/-0%	+5/-0%
Efficiency	17.0%	16.5%
Rated Voltage (V _{mpp})	43.1 V	42.5 V
Rated Current (I _{mpp})	8.12 A	8.00 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	51.7 V	51.3 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	8.65 A	8.52 A
Power Temp. Coef.	-0.37% / °C	
Voltage Temp. Coef.	-175.8 mV / °C	-173.7 mV / °C
Current Temp. Coef.	3.6 mA / °C	
Maximum System Voltage	1000 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)
Max. Load ⁶	Wind: 50 psf, 2400 Pa, 245 kg/m ² front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa, 550 kg/m ² front
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class B
Solar Cells	Multicrystalline cells
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, 23.6 in (600 mm) cables / TE (PV45)
Frame	Class 2 silver anodized; stacking pins
Weight	51 lbs (23.1 kg)

Tests And Certifications	
Standard Tests ⁵	UL1703 (Type 2 Fire Rating), IEC 61215, IEC 61730
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	OHSAS 18001:2007, PV Cycle
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1000 V
Available Listings	UL, CEC, TUV, FSEC

REFERENCES:

- 1 Helix-compatible modules may not be compatible with other racking systems.
- 2 Actual results depend on module orientation and time of day. Independent Shade Study by CFV Laboratory.
- 3 Compared to a Conventional Commercial Panel (310 W, 16% efficient, approx. 1.93 m²).
- 4 Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000 W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C.
- 5 Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002 and IEC 61730.
- 6 For Helix Roof System loads, refer to Helix Roof product design guideline.



Please read the safety and installation guide.
Clips installed on Helix Roof compatible modules only.
Clips are not removable and may not be compatible with non-Helix-branded racking.

sunpower.com

Document # 521920 Rev A/LTR_US

©December 2016 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER and the SUNPOWER logo are registered trademarks of SunPower Corporation in the U.S. and other countries. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

SUNPOWER®



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



OTA1 micro E 25÷130

250 m³/h÷1300 m³/h

Recuperatori di calore orizzontali in carta con ventilatori EC
Horizontal heat recovery units in paper with EC fan motors

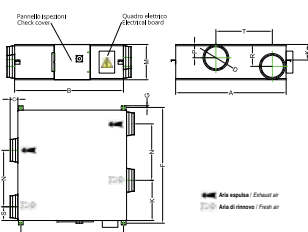


CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

- Recuperatore di calore entalpico statico con efficienza termica fino al 76 %
- Struttura autoportante in lamiera zincata coibentata internamente ed esternamente; accessibilità attraverso sportello laterale
- Filtrazione dell'aria in classe di efficienza F9 (con pre-filtro G3) sull'aria di rinnovo, filtro G3 sul flusso di ripresa
- Pressostato segnalazione filtri sporchi integrato
- Sistema motorizzato di by-pass del recuperatore attuato automaticamente dal controllo elettronico per garantire il raffrescamento gratuito con l'aria esterna quando conveniente
- Elettroventilatori con motore EC a basso consumo ad alta prestazione e silenziosità; possibilità di gestione di 10 livelli di velocità
- Connessioni alle canalizzazioni con raccordi in materiale plastico
- Quadro elettrico incorporato con scheda elettronica per il controllo delle funzioni di ventilazione e di free-cooling.

TECHNICAL FEATURES

- Air-to-air enthalpy heat recovery device, thermal efficiency up to 76%
- Galvanized steel self-supporting panels, internally and externally insulated; accessibility from side door
- F9 efficiency class filter with synthetic cleanable media and G3 pre-filter on fresh air, G3 filter on return air intake
- Integrated pressure switch for dirty filter signal
- Motorised heat recovery by-pass device, automatically controlled by unit control to use fresh air free-cooling when convenient
- Low consumption high efficiency & low noise direct driven fans with 10-speed EC motors
- Duct connections by circular plastic collars
- Built-in electric box equipped with PCB to control fan and by-pass function.



Mod.	A	B	C	D	E	F	G	T	K	M	N	P	R	S	K	kg	mm
25	599	814	100	150	675	657	19	315	111	270	315	111	111	142	142	27 / 32	1070x755x350
35	804	814	100	150	675	862	19	480	111	270	480	111	111	162	162	32 / 38	1070x960x350
50	904	894	107	200	754	960	19	500	111	270	500	135	135	202	202	42 / 49	1125x1060x350
65	884	1186	85	250	1115	940	19	428	170	388	428	170	170	228	228	63 / 70	1390x1055x455
80	1134	1186	85	250	1115	1190	19	678	170	388	678	170	170	228	228	76 / 86	1390x1305x455
100	1216	1199	85	250	1130	1273	19	621	171	388	621	146	241	151	442	81 / 86	1475x1420x450
130	1216	1199	85	250	1130	1273	19	621	171	388	621	146	241	151	442	81 / 86	1475x1420x450

HYDRONIC TERMINALS

OTA1 micro E

OTA1 micro E									OTA1 micro L								
Portata aria / Air flow / Débit d'air	m³/h	250	350	500	650	800	1000	1300									Luftdurchflussmenge / Caudal de aire / Débit aer
Pressione statica utile nominale / Nominal external static pressure	Pa	90	140	110	100	140	140	135									Pressung / Prevalència útil / Presiune disponibilă (1)
Alimentazione / Power supply / Alimentation	V/ph/Hz	230 / 1 / 50 - 60															Versorgung / Alimentación / Alimentare
Corrente assorb. / Absorbed current / Courant absorbé	A	0,5	0,6	0,6	1,2	1,4	2,1	2,7									Stromaufnahme / Corr. absorbida / Curent absorbit
Ventilatori / Fans / Ventilateurs		EC															Ventilatoren / Ventiladores / Ventilatoare
Tipologia motore / Motor typology		10															Motor typ / Tipo de motor /
N° velocità / Number of speeds / Numéro de vitesse		Man / VSD															Geschwindigkeitsnummer / N° de velocidad / N° de velocidade
Controllo ventilazione / Fan control / Contr. de la ventilation (1)	W																Lüftungssteuerung / Control de ventilación / C. de ventilação
Potenza assorb. / Power input / Puissance absorbée	W	80	130	150	230	320	390	490									Leistungsaufnahme / Pot. absorbida / Pot. absorvida
Pressione sonora / Sound pressure / Pres. sonore (2)	dB(A)	34	37	39	40	42	43	44									Schalldruckpegel / Presión acústica / Pressão sonora (2)
Recuperatore di calore / Heat exchanger / Récupérateurs de chaleur		Wärmetauscher gekreuzter / Recuperadores de calor / Recuperatoare de caldura															
Efficienza termica invernale / Winter efficiency / Efficacité (3)	%	73	74	76	74	76	74	74									Thermische Effizienz im Winter / Eficiència tèrmica de inverno
Efficienza entalpica invernale / Winter enthalpy effic. (3)	%	65	65	67	65	65	62	59									Enthalpie Winter Effizienz / Eficiència invernale de entalpia
Efficienza termica estiva / Summer thermal effic. / Efficacité (4)	%	73	74	76	74	76	76	74									Thermische Effizienz im Sommer / Eficiència tèrmica de verano
Efficienza entalpica estiva / Summer enthalpy effic. (4)	%	62	62	63	60	63	60	58									Sommer Enthalpie Effizienz / Eficiència de entalpia de verão
Efficienza termica a secco / Dry thermal efficiency / Efficacité à sec (5)	%	73	74	76	74	76	76	74									Effizient Trocknen / Eficiència seca / Eficiența de curățare

- (1) Man = Manuale da selettore o tastiera; VSD = Modulazione da sensore qualità-aria/umidità aria
(2) Livello di pressione sonora valutata a 1 m da mandata-espulsione canalizzata/ripresa aria esterna canalizzata/fato ispezioni alle condizioni nominali
(3) Aria esterna -5°C 80% UR; aria ambiente 20°C 50% UR
(4) Aria esterna 32°C 50% UR; aria ambiente 26°C 50% UR
(5) Secondo regolamento UE 1253/2014 alla pressione nominale; condizioni di temperatura e umidità riferite a EN 308

- (1) Man = Manual by selector switch or control panel; VSD = Modulation by air quality or air humidity sensor
(2) Sound pressure level calculated at 1 m far from: ducted supply-exhaust air/ducted return-fresh air intake/service side, at nominal conditions
(3) Outside air at -5°C 80% RH; room air at 20°C 50% RH
(4) Outside air at 32°C 50% RH; room air at 26°C 50% RH
(5) Refer to EU 1253/2014 regulation; at nominal pressure; air conditions refer to EN 308 standard

ACCESSORI

- PTS** Pannello di comando Touch Screen
QSW Sensore di CO₂ da parete
USW Sensore di umidità da parete
SLC Silenziatore circolare a canale
BIOX Modulo di sanificazione BIOXIGEN®

ACCESSORIES

- PTS** Touch screen controller
QSW CO₂ wall mount sensor
USW Humidity wall mount sensor
SLC Duct circular sound attenuator
BIOX Purifying system BIOXIGEN®

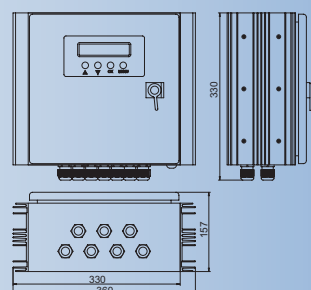
140



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



Regulador Fotovoltaico



Steca Power Tarom

2070, 2140, 4055, 4110, 4140

Clase de potencia 55 A - 140 A



Diseñado para aplicaciones industriales y en exteriores, como sistemas de telecomunicación. Los reguladores Steca Power Tarom vienen en una caja de acero IP 65 para aplicaciones de alta potencia (hasta 8400 Wp) y los tres niveles de tensión (12 V, 24 V, 48 V). Los Power Tarom están basados en la misma tecnología que los Tarom. Si Ud. los conecta en paralelo en un bus común de alimentación de corriente directa, todos los reguladores operarán en un mismo sistema fotovoltaico o híbrido en el rango de hasta 20 kWp de potencia solar (para más información sobre los sistemas híbridos de Steca ver la pág. 10).

Certificados

- Listado para proyectos financiados por el Banco Mundial en Nepal
- Conforme con los estándares europeos (CE)
- Made in Germany
- Fabricado en una instalación conforme con
- DIN EN ISO 9001:2000 y
- DIN EN ISO 14001



Regulador Fotovoltaico	Power Tarom 2070	Power Tarom 2140	Power Tarom 4055	Power Tarom 4110	Power Tarom 4140
Tensión del sistema	12 V / (24 V)		48 V		
Corriente máx. de cortocircuito de entrada del módulo	70 A	140 A	55 A	110 A	140 A
Corriente máx. de salida del consumidor	70 A	70 A	55 A	55 A	70 A
Consumo propio máx.	14 mA				
Tensión final de carga	programable	13,7 V (27,4 V)	54,8 V		
Tensión de carga reforzada		14,4 V (28,8 V)	57,6 V		
Carga de compensación		14,7 V (29,4 V)	58,8 V		
Tensión de reconexión (SOC / LVR)		> 50 % / 12,6 V (25,2 V) / 50,4 V			
Protección contra descarga profunda (SOC / LVD)		< 30 % / 11,1 V (22,2 V) / 44,4 V			
Temperatura ambiente admisible	-10 °C ... +60 °C				
Tamaño del terminal (cable fino / único)	50 mm² / 70 mm²				
Tipo de protección de la caja	IP 65				
Peso	10 kg				
Dimensiones L x A x A 330 x (A) x 157	330 mm	360 mm	330 mm	360 mm	360 mm

Datos técnicos a 25 °C / 77 °F

Características

- Carga de baterías por modulación de duración de impulsos shunt (PWM)
- Regulación basada en el estado de carga (SOC) de la batería
- Contador de Ah integrado
- Carga reforzada
- Carga de compensación
- Tensión final de carga
- Reconexión automática del consumidor
- Reconocimiento automática de tensión para 12 V / 24 V
- Compensación de temperatura
- Toma de tierra positiva
- (o) Toma de tierra negativa en un terminal
- Ajustable in situ por medio de cuatro botones
- Opciones de control de luces por la noche
- Interfaz RJ45
- Desconexión manual del consumidor
- Contacto seco libre de potencia

Protección electrónica

- Sobrecarga
- Descarga profunda
- Voltaje de desconexión contra descarga
- Polaridad invertida en los módulos solares
- Polaridad invertida en el consumidor y la batería
- Cortocircuito en los módulos solares
- Cortocircuito en el consumidor
- Sobretensión
- Sobretensión
- Varistor para una protección contra descargas electromagnéticas
- Compatibilidad electromagnética (CEM)
- Protección contra circuito abierto
- Corriente invertida por la noche

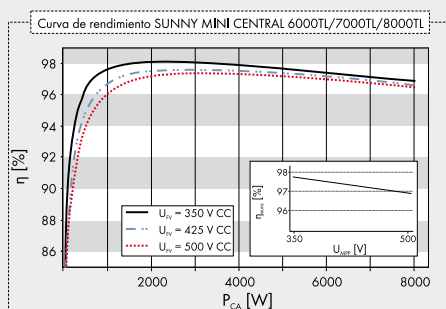
Visualización

- LCD de dos líneas que muestra SOC, Vbat, todas las corrientes, Ah, alarmas, procedimientos de carga y otros

Inversores sin transformador

Datos técnicos

	Sunny Mini Central 6000TL	Sunny Mini Central 7000TL	Sunny Mini Central 8000TL
Valores de entrada (CC)			
Potencia máx. de CC	6200 W	7200 W	8250 W
Tensión máx. de CC	700 V	700 V	700 V
Rango de tensión FV, MPPT	333 V - 500 V	333 V - 500 V	333 V - 500 V
Corriente máx. de entrada	19 A	22 A	25 A
Número de seguidores de MPP	1	1	1
Número máx. de strings (en paralelo)	4	4	4
Valores de salida (CA)			
Potencia nominal de CA	6000 W	7000 W	8000 W
Potencia máx. de CA	6000 W	7000 W	8000 W
Corriente máx. de salida	27 A	31 A	35 A
Tensión nominal de CA / Rango máximo	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
Frecuencia de red de CA (de ajuste automático) / Rango máximo	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz
Factor de potencia (cos ϕ)	1	1	1
Conexión de CA / Power Balancer	monofásica / ●	monofásica / ●	monofásica / ●
Rendimiento			
Rendimiento máximo	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo	97,7 %	97,7 %	97,7 %
Dispositivos de protección			
Protección contra polarización inversa (CC)	●	●	●
Seccionador de potencia de CC ESS	●	●	●
Resistencia al cortocircuito (CA)	●	●	●
Monitorización de toma a tierra	●	●	●
Monitorización de red (SMA grid guard)	●	●	●
Unidad integrada de seguimiento de la corriente de defecto y sensible a la corriente universal	●	●	●
Datos generales			
Dimensiones (ancho x alto x fondo) en mm	468 / 613 / 242	468 / 613 / 242	468 / 613 / 242
Peso	31 kg	32 kg	33 kg
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Emisiones de ruido (típicas)	≤ 31 dB(A)	≤ 33 dB(A)	≤ 40 dB(A)
Autoconsumo: funcionamiento (stand-by) / nocturno	< 10 W / 0,25 W	< 10 W / 0,25 W	< 10 W / 0,25 W
Topología	sin transformador	sin transformador	sin transformador
Sistema de refrigeración	OptiCool	OptiCool	OptiCool
Lugar de montaje: interior / a la intemperie (IP65)	●/●	●/●	●/●
Características			
Conexión de CC: MC 3 / MC 4 / Tyco	○/●/○	○/●/○	○/●/○
Conexión de CA: borne roscado	●	●	●
LCD	●	●	●
Interfaces: Bluetooth / RS485	○/○	○/○	○/○
Garantía: 5 años / 10 años	●/○	●/○	●/○
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Iberica.com	www.SMA-Iberica.com	www.SMA-Iberica.com
● De serie ○ Opcional			
Datos en condiciones nominales - actualizado: octubre de 2008			
Modelo comercial	SMC 6000TL	SMC 7000TL	SMC 8000TL



Accesorios

Interfaz RS485
485PB-NR

Bluetooth Piggy-Back

SMA Power Balancer
cable Y PBL-YCABLE-10

No habríamos podido describirlo mejor que los redactores de PHOTON: "Los resultados del test del Sunny Mini Central 8000TL no sólo son los mejores, por mucho, desde que empezaron las mediciones de PHOTON [...], sino que también son tan extraordinariamente buenos que casi resulta inimaginable encontrar un equipo mejor en el mercado." (PHOTON 10/2007)



VE

1,4 kW÷10,7 kW

Ventilconvettori con motore DC Brushless e AC Asincrono
Fan coil with Brushless DC and AC asynchronous motor



Dc Brushless → 50%

Risparmio annuo di energia elettrica
Annual savings in electricity
Riduzione del livello di rumorosità
Reduction of the noise level

VERSIONI

- VMI** Verticale con mobile ripresa inferiore
- VMF** Verticali con mobile ripresa frontale
- OMP** Orizzontale con mobile ripresa posteriore
- OMI** Orizzontale con mobile ripresa inferiore
- VII** Verticale da incasso ripresa inferiore
- VIF** Verticale da incasso ripresa frontale
- OIP** Orizzontali da incasso ripresa posteriore
- OII** Orizzontali da incasso ripresa inferiore
- VIP** Verticale incasso con pannello P1
- VIP2** Verticale incasso con pannello P2
- ONP** Orizzontale incasso con pannello

VERSIONS

- VMI** Vertical units with bottom inlet
- VMF** Vertical units with front inlet
- OMP** Horizontal units with rear inlet
- OMI** Horizontal units with bottom inlet
- VII** Fitted vertical units, bottom inlet
- VIF** Fitted vertical units, front inlet
- OIP** Fitted horizontal units, rear inlet
- OII** Fitted horizontal units, bottom inlet
- VIP** Fitted vertical units whit P1 panel
- VIP2** Fitted vertical units whit P2 panel
- ONP** Horizontal vertical units whit panel

VENTILCONVETTORE BRUSHLESS

- Modulazione ventilazione 0-100%
- Massima silenziosità di funzionamento
- Maggiore benessere: la variazione continua 0-100% della portata aria (tramite segnale 0...10Vdc) si traduce in modulazione della potenza termica e frigorifera, adeguandole, istante per istante, alle effettive esigenze del locale da climatizzare e garantendo così ridotte oscillazioni della temperatura, dell'umidità e della rumorosità.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

- Struttura in lamiera zincata con mantello di copertura (nei modelli VMI-VMF-OMP-OMI) in preverniciato e particolari in ABS, completo di isolamento termoacustico.
- Filtro rigenerabile e vaschetta raccogli-condensa a scarico naturale. Ventilatori di tipo centrifugo a 6 velocità, delle quali 3 collegate nella configurazione standard.
- Batterie di scambio termico in tubi di rame ed alette in alluminio con trattamento superficiale idrofilico per un rapido drenaggio della condensa.
- È consigliata l'installazione dei kit valvole su ogni tipo di impianto.

FANCOIL BRUSHLESS

- Modulating ventilation 0-100%
- Super quiet operation
- Highest well-being: the continuous variation 0-100% of the air flow (by means of the signal 0...10Vdc) is reflected in the modulation of the heating and cooling power by their instantaneous adaptation, to the actual needs of the room that to be conditioned and ensuring reduced fluctuations temperature, humidity and quiet noise.

BUILDING FEATURES

- Structure galvanized sheet with prepainted covering shell (in VMI-VMF-OMP-OMI models) and ABS details, complete with heat/sound insulation
- Regenerating filter and natural discharge moisture tray.
- Centrifugal 6-speed fans type, with 3 speeds connected in the standard configuration.
- Heat exchanger in copper tubes and alluminium fins with hydrophilic surface treatment to rapid draining of moisture.
- It's recommended to use the kit valves for each type of system.

VIP



Verticale incasso con pannello P1 (compresi VE/VIF, FTI, PMI, MOR, P1)
Vertical built-in terminal with P1 panel (included VE/VIF, FTI, PMI, MOR, P1)

TERMINALI IDRONICI

111



3 RANGHI I 3 ROWS I 3 RANGÉES I 3 ZELLEN I 3 BANCOS DE TUBOS I 3 LINHAS

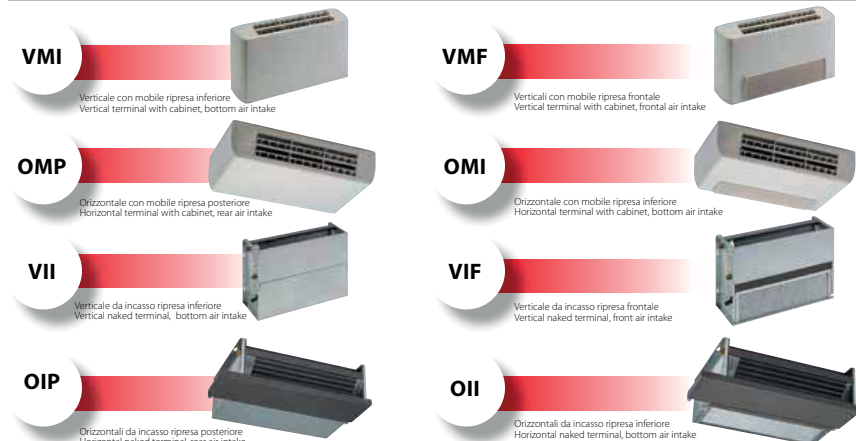
VE	83 93 103 93P 103P 113P 123P								VE		
Pot. frigorifera / Cooling cap. / Puiss. frigorifique (1) (*)	W	6.758	7.926	9.495	9.568	10.337	10.105	11.274	W	Kühlleistung / Pot. frigorifica / Pot. de refrigeração (1) (*)	
Resa sensibile / Sensible capacity / Rend. sensible (*)	W	4.800	5.670	6.620	6.200	7.300	7.640	8.360	W	Sensible Leistung / Cap. Sensible / Cap. sensível (*)	
Pot. calorifica / Heating cap. / Puiss. calorifique (2) (*)	W	6.650	7.750	9.050	8.415	9.895	10.550	11.600	W	Heizleistung / Pot. calorifica / Pot. calorifica (2) (*)	
Pot. calorifica / Heating cap. / Puiss. calorifique (3) (*)	W	13.300	15.500	18.100	16.830	19.790	21.100	23.200	W	Heizleistung / Pot. calorifica / Pot. calorifica (3) (*)	
Perdite di carico / Pressure drop / Pertes de pression										Leistungsverluste / Pérdidas de carga / Perdas de carga	
Raffreddamento / Cooling / Refroidissement (*)	kPa	30,0	31,9	32,4	37,4	38,4	34,4	37,0	kPa	Kühlung / Enfriamiento / Resfriamento (*)	
Riscaldamento / Heating / Chauffage (3) (*)	kPa	22,6	23,8	22,9	28,1	27,4	29,2	30,5	kPa	Heizung / Calefacción / Aquecimento (3) (*)	
Portata d'aria / Air flow / Débit d'air (*)	max	m³/h	1.050	1.280	1.310	1.450	1.500	1.910	1.940	m³/h	max
	med	m³/h	935	1.139	1.166	1.291	1.335	1.643	1.668	m³/h	med
	min	m³/h	683	870	891	986	1020	1490	1.513	m³/h	min
Raffreddamento / Cooling / Refroidissement (*)	l/h	1.162	1.363	1.633	1.474	1.778	1.738	1.939	l/h	Kühlung / Enfriamiento / Resfriamento (*)	
Riscaldamento / Heating / Chauffage (3) (*)	l/h	1.144	1.333	1.557	1.447	1.702	1.815	1.995	l/h	Heizung / Calefacción / Aquecimento (3) (*)	
Potenza assorb. / Power input / Puissance absorbée (*)	W	145	175	175	225	225	285	285	W	Leistungsaufnahme / Pot. absorbida / Pot. absorvida (*)	
Press. sonora / Sound pressure / Pression sonore (4)	dB(A)	35/41/45	39/46/48	40/46/49	43/48/51	44/49/52	45/48/51	46/48/51	dB(A)	Geräuschentwicklung / Nivel de ruído / Rumorosidade (4)	
Alimentazione / Power supply / Alimentation	V~, Ph, Hz						230, 1, 50		V~, Ph, Hz		Versorgung / Alimentación / Alimentação
Attacchi idraulici / Water connections / Con. hydrauliques	°G	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	°G	Hyd. Anschlüsse / Acoplam. para agua / Uniãoes hidr.	
Scarico condensa / Condensing drain / évac. condensant	mm	20	20	20	20	20	20	20	mm	Kondenswasser. / Desagüe cond. / Evacuação da cond.	

BATTERIA CALDA - HOT WATER EXCHANGER - RANGÉE CHAUDE - HEISSLUFTZELLE - BATERIA DE AGUA CALIENTE - LINHA QUIENTE

VE		83	93	103	93P	103P	113P	123P		VE
Pot. Calorifica / Heating cap. / Puiss. calorifique (2) (*)	W	3.230	3.995	4.055	4.350	4.450	5.545	5.600	W	Heizleistung / Pot. calorifica / Pot. calorifica (2) (*)
Pot. Calorifica / Heating cap. / Puiss. calorifique (3) (*)	W	6.460	7.990	8.110	8.700	8.900	11.090	11.200	W	Heizleistung / Pot. calorifica / Pot. calorifica (3) (*)
Perdite di carico / Pressure drop / Pertes de pression (3) (*)	kPa	43,3	37,7	38,8	44,6	46,7	48,4	49,3	kPa	Leistungsverluste / Pérdidas de carga / Perdas de carga (3) (*)

BRUSHLESS

VE	83		93		103		VE
Pot. frigorifera / Cooling cap. / Puiss. frigorifique (1)	W	6.820-3.470	7.440-3.780	8.790-4.460	W	Kühlleistung / Pot. frigorífica / Pot. de refrigeração (1)	
Pot. calorifica / Heating cap. / Puiss. calorifique (2)	W	2.174-7.149	3.388-7.650	3.898-8.800	W	Heizleistung / Pot. calorífica / Pot. calorífica (2)	
Pot. calorifica / Heating cap. / Puiss. calorifique (3)	W	14.300-6350	15.300-6.780	17.600-7.800	W	Heizleistung / Pot. calorífica / Pot. calorífica (3)	
Batteria calda / Hot water exchanger / Rangée chaude (2)	W	3.561-1.590	4.045-1.790	4.045-1.795	W	Heissluftzelle / Bateria de agua caliente / Linha quente (2)	
Batteria calda / Hot water exchanger / Rangée chaude (3)	W	7.140-3.170	8.090-3.590		W	Heissluftzelle / Bateria de agua caliente / Linha quente (3)	
Portata d'aria / Air flow / Débit d'air	m³/h	1.184-306	1.255-323		m³/h	Luftdurchflussmenge / Caudal de aire / Cap. ar	
Pot. assorbita / Power input / Puiss. absorbée (5)	W	11	11		W	Leistungsaufnahme / Pot. absorbida / Pot. absorvida (5)	
Press. sonora / Sound pressure / Pression sonore (5)	dB(A)	24	25		dB(A)	Geräuschentwicklung / Nivel de ruido / Rumorosidade (5)	
Alimentazione / Power supply / Alimentation	V~, Ph, Hz	230, 1, 50			V~, Ph, Hz	Versorgung / Alimentación / Alimentação	
Segnale / Signal / Signal	Vdc	0-10			Vdc	Signal / Señal / Sinal	



Attacchi acqua lato sinistro / Left side water sockets / Prises d'eau côté gauche Linke Seite Wasseranschlüsse Enganches agua lado izquierdo Ligações água lado esquerdo

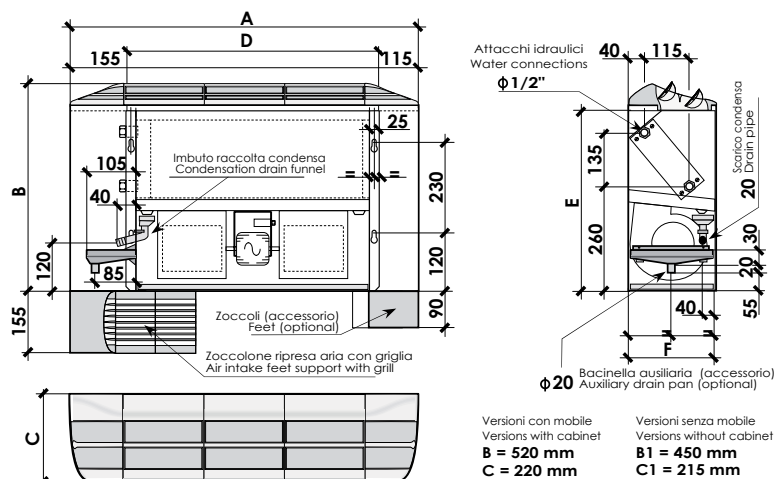
Nota: Rese e portate d'aria riferite in condizioni di prevalenza 0 Pa. Per prevalenze utili diverse riferirsi ai diagrammi di variazione di portata d'aria. Note: Capacities and air flow rates referred in terms of prevalence 0 Pa. For different static pressure, refer air flow variation diagrams.

- | | | |
|---|---|---|
| <p>(1) Temperatura aria in ingresso: 27°C b.s./19,5°C b.u.
Temperatura acqua in ingresso/uscita: 7°C / 12°C
(2) Temperatura aria in ingresso: 20°C b.s.
Temperatura acqua in ingresso/uscita: 45°C / 40°C
(3) Temperatura acqua in ingresso/uscita: 70°C / 60°C
(4) A una distanza di 2 m e tempo di riverbero 0,5 s.
(5) Con segnale ingresso 3Vdc.
(*) Massima velocità</p> <p>(1) Entering air temperature: 27°C d.b./19,5°C b.w.
(2) Entering air temperature: 20°C d.b.
(3) In/Out water temperature: 45°C / 40°C
(4) At a distance of 2 m and with reverberation time of 0,5 s.
(5) 3Vdc input signal
(*) Max speed</p> | <p>(1) Température air en entrée: 27°C b.s. / 19,5°C b.h.
Température eau entrée/sortie: 7°C/12°C
(2) Température air en entrée: 20°C b.s.
Température eau entrée/sortie: 45°C / 40°C
(3) Température eau entrée/sortie: 70°C / 60°C
(4) A une distance de 2 m et avec temps de résonance de 0,5 s
(5) Signal d'entrée 3Vdc.
(*) Vitesse maximale</p> <p>(1) Lufttemperatur Zuluft: 27°C b.t. / 19,5°C b.f.
(2) Wassertemperatur Zuluft: 20°C b.t.
(3) Wassertemperatur: 45°C / 40°C
(4) Bei einer Entfernung von 2 m und mit Widerhallzeit von 0,5 s
(5) 3Vdc Eingangssignal
(*) Höchstgeschwindigkeit</p> | <p>(1) Temperatura del aire de entrada: 27°C b.s. / 19,5°C b.h. Temperatura del agua de entrada/salida: 7°C / 12°C
(2) Temperatura del aire de entrada: 20°C b.s.
Temperatura del agua de entrada/salida: 45°C / 40°C
(3) Temperatura del agua de entrada/salida: 70°C / 60°C
(4) En una distancia de 2 m y con tiempo de resonancia de 0,5 s
(5) Señal de entrada 3Vdc.
(*) Máxima velocidad</p> <p>(1) Temperatura ar à entrada: 27°C b.s. / 19,5°C b.u.
(2) Temperatura água à entrada/salida: 7°C / 12°C
(3) Temperatura água à entrada/salida: 45°C / 40°C
(4) A uma distância de 2 m e com tempo de reverberação de 0,5 s.
(5) Sinal de entrada 3Vdc.
(*) Velocidade máxima</p> |
|---|---|---|





DIMENSIONI DIMENSIONS



Attacchi acqua lato sinistro / Left side water sockets / Prises d'eau côté gauche
Linke Seite Wasseranschlüsse / Enganches agua lado izquierdo / Ligações água lado esquerdo

CON MANTELLO - WITH CABINET - AVEC CARROSSERIE - EINHEITEN - CON MANTO - COM MANTO

VE		13	23	33	43	53	63	73
A *	mm	670	670	870	870	1.070	1.070	1.270
B	mm	520	520	520	520	520	520	520
C	mm	220	220	220	220	220	220	220
Peso / Weight / Poids / Gewicht / Peso / Peso	kg	15	15,5	18,5	19	25	26	29

VE		83	93	103	93P	103P	113P	123P
A *	mm	1.270	1.470	1.470	1.470	1.470	1.670	1.670
B	mm	520	520	520	520	520	520	520
C	mm	220	220	220	220	220	220	220
Peso / Weight / Poids / Gewicht / Peso / Peso	kg	30	34	35	35	36	39	42

* Nelle versioni orizzontali la larghezza A risulta più larga di 120 mm / * In horizontal versions the width A is larger than 120 mm / * Dans les versions horizontales la largeur A est supérieure à 120 mm / * In horizontaler Ausführung die Breite A ist größer als 120 mm / * En las versiones horizontales de la anchura A es mayor que 120 mm / * Em versões horizontais a largura A é maior do que 120 mm

SENZA MANTELLO - NAKED VERSION - VERSION NAKED - NACKT VERSIONEN - VERSIÓN DESNUDO - VERSÃO DESPIDO

VE		13	23	33	43	53	63	73
A *	mm	425	425	625	625	825	825	1.025
B	mm	450	450	450	450	450	450	450
C	mm	215	215	215	215	215	215	215
Peso / Weight / Poids / Gewicht / Peso / Peso	kg	11	11,6	14	15	20	21	23,5

VE		83	93	103	93P	103P	113P	123P
A *	mm	1.025	1.225	1.225	1.225	1.225	1.425	1.425
B	mm	450	450	450	450	450	450	450
C	mm	215	215	215	215	215	215	215
Peso / Weight / Poids / Gewicht / Peso / Peso	kg	25	27,5	29	28,5	30	31	35

* Nelle versioni orizzontali la larghezza A risulta più larga di 120 mm / * In horizontal versions the width A is larger than 120 mm / * Dans les versions horizontales la largeur A est supérieure à 120 mm / * In horizontaler Ausführung die Breite A ist größer als 120 mm / * En las versiones horizontales de la anchura A es mayor que 120 mm / * Em versões horizontais a largura A é maior do que 120 mm

Ultracell®

UFT

Terminal Frontal

Serie



- La serie UFT es la gama de terminal frontal.
- Voltajes disponibles: 12V.
- Capacidades: desde 50Ah hasta 170Ah.
- Principales usos: telecomunicaciones y sistemas UPS/SAI.
- Vida útil: 15 años.
- Temperatura de funcionamiento: desde los -20°C hasta los +55°C.

Modelo	Voltaje (V)	Capacidad 20 hrs (Ah)	Dimensiones (mm)		
			Largo	Ancho	Altura
UFT50-12	12	50	390	105	277
UFT55-12	12	55	277	105	222
UFT75-12	12	75	556	105	227
UFT75-12S	12	75	562	144	188
UFT90-12	12	90	607	109	223
UFT100-12	12	100	558	125	227
UFT100-12S	12	100	396	110	285
UFT120-12	12	120	550	110	235
UFT125-12	12	125	558	125	270
UFT125-12S	12	125	420	175	237
UFT150-12	12	150	558	125	310
UFT150-12S	12	150	550	110	285
UFT155-12	12	155	558	124	283
UFT170-12	12	170	558	125	310

Ultracell®

UzS/UzV

OPzS - UzS / OPzV - UzV

Serie



- La serie UzS es la gama OPzS.
- La serie UzV es la gama OPzV.
- Voltajes disponibles: 2V.
- Capacidades: desde 100Ah hasta 3000Ah.
- Principales usos: sistemas de energía renovable, equipos de centrales eléctricas y nucleares, telecomunicaciones y sistemas de señalización, servicio ferroviario, sistemas UPS/SAI, equipos médicos, alumbrado de emergencia.
- Vida útil: 20 años +
- Temperatura de funcionamiento: desde los -20°C hasta los +55°C.

Modelo	Voltaje (V)	Capacidad 20 hrs (Ah)	Dimensiones (mm)		
			Largo	Ancho	Altura
UzS-100 (OPzS)	2	100	103	206	354
UzS-200 (OPzS)	2	200	103	206	354
UzS-500 (OPzS)	2	500	166	206	470
UzS-1000 (OPzS)	2	1000	233	210	645
UzS-1500 (OPzS)	2	1500	275	210	796
UzS-2000 (OPzS)	2	2000	399	214	771
UzS-2500 (OPzS)	2	2500	487	212	771
UzS-3000 (OPzS)	2	3000	576	212	771
UzV-200 (OPzV)	2	200	103	206	354
UzV-300 (OPzV)	2	300	145	206	354
UzV-500 (OPzV)	2	500	166	206	470
UzV-1000 (OPzV)	2	1000	233	210	645
UzV-1200 (OPzV)	2	1200	275	210	645
UzV-2000 (OPzV)	2	2000	399	212	772
			468	212	645
UzV-2500 (OPzV)	2	2500	487	212	772
UzV-3000 (OPzV)	2	3000	576	212	772
			680	212	645

Selección reducida de los productos disponibles en esta serie, por favor visite nuestra página Web para la gama completa www.ultracell.co.uk.

Selección reducida de los productos disponibles en esta serie, por favor visite nuestra página Web para la gama completa www.ultracell.co.uk.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

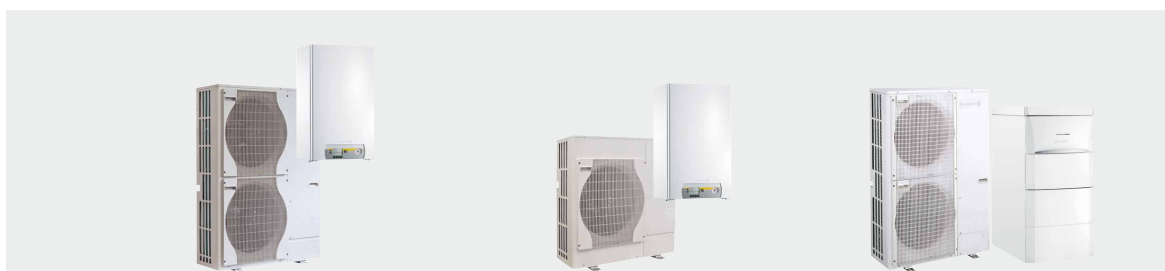


ALEZIO EVOLUTION

BOMBAS DE CALOR AIRE/AGUA REVERSIBLES "SPLIT INVERTER"

- AWHP...-3/E y EI: de 3,94 a 14,6 kW con apoyo mediante resistencia eléctrica integrada
- AWHP...-4/E V200: de 3,94 a 14,6 kW con acumulador acs de 180 l integrado en el módulo interior y apoyo mediante resistencia eléctrica

- AWHP...-3/H y HI: de 3,94 a 14,6 kW con apoyo hidráulico de caldera (o sin apoyo)
- AWHP...-4/H V200: de 3,94 a 14,6 kW con acumulador acs de 180 l integrado en el módulo interior y apoyo hidráulico de caldera (o sin apoyo)



AWHP 11 y 16 MR-3/E, EI, H o HI
o TR-3/E, EI, H o HI

AWHP 8 MR-3/H o HI

AWHP 11 y 16 MR-3/H o E V200
o TR-3/H o E V200



AWHP-3/E, AWHP-4/E V200
(con apoyo eléctrico):
calefacción y refrigeración por suelo
radiante/refrescante. Modelo V200
incluyendo acumulador acs.
AWHP-3/EI (con apoyo eléctrico):
para calefacción y refrigeración por fancoils
AWHP-3/H y AWHP-4 H V200
(con apoyo hidráulico):
calefacción y refrigeración por suelo
radiante/refrescante. Modelo V200
incluyendo acumulador acs.
AWHP-3/HI (con apoyo hidráulico):
para calefacción y refrigeración por fancoils.



Bomba de calor
aire/agua



Electricidad
(energía suministrada al
compresor)



Energía renovable natural y
gratuita



Las bombas de calor ALEZIO AWHP-3 y AWHP-4 V200 se distinguen por sus elevadas prestaciones: COP de 3,9 a 4,65 para una temperatura exterior de +7°C (COP frío de 3,96 a 4,83 para una temperatura exterior de +35°C). Un producto de alta tecnología provisto de sistema INVERTER con acumulador de potencia. Las bombas de calor ALEZIO EVOLUTION ofrecen una mayor estabilidad de la temperatura de consigna, una reducción importante del consumo eléctrico y un funcionamiento silencioso. Al ser reversibles y tener capacidad de refrigeración (tipo suelo refrescante, agua a +18°C), o de climatización mediante fancoils (agua a +7°C), las bombas de calor ALEZIO EVOLUTION ofrecen un confort total en todas las estaciones. Con su construcción compacta, avanzado diseño y facilidad de instalación, pueden integrarse tanto en una nueva instalación como en la renovación de una existente.

Los modelos ALEZIO AWHP-3 permiten la gestión de agua caliente sanitaria. Los modelos ALEZIO AWHP-4 V200 integran de serie un acumulador de acs de 180 litros integrado en el módulo interior formando un conjunto en columna de estética uniforme.

CONDICIONES DE USO

Temperaturas límite de servicio

- en modo calefacción:
Aire exterior: - 20/+ 35°C (- 15/+ 35°C con AWHP 4 y 6 ...)
Agua: + 18/+ 60°C
- en modo refrigeramiento:
Aire exterior: - 5/+ 46°C
Agua: + 18/+ 25°C
(Las versiones /EI y /HI son obligatorias para una temperatura del agua inferior a +18 °C)
- en modo refrigeración:
Aire exterior: - 5/+ 46°C
Agua: + 7/+ 25°C

Circuito calefacción

Presión máxima de servicio: 3 bar
Temp. máxima de servicio: 95°C

Circuito a.c.s. (AWHP-4 V200)

Presión máxima de servicio: 10 bar
Temp. máxima de servicio: 65°C

EASYLIFE

De Dietrich



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AWHP-4/E V200 y /H V200

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Temp. límite de utilización

En modo calor:

Agua: + 18°C/+ 60°C,

Aire exterior: - 20°C/+ 35°C

(- 15°C/+ 35°C para AWHP 4 y 6 MR-4)

En modo refrescamiento:

Agua: + 18°C/+ 25°C,

Aire exterior: - 5°C/+ 46°C

En modo refrigeración (AWHP-3/HI) (con accesorio EH567):

Agua: + 7°C/+ 25°C,

Aire exterior: - 5°C/+ 46°C

Modelo	AWHP-... V200	4 MR-4	6 MR-4	8 MR-4	11 MR-4	11 TR-4	16 MR-4	16 TR-4
Potencia calorífica a + 7°C/+ 35°C (I)	kW	3,94	5,79	7,9	11,39	11,39	14,65	14,65
COP calor a + 7°C/+ 35°C (I)		4,53	4,05	4,35	4,65	4,65	4,22	4,22
Potencia calorífica a + 2°C/+ 35°C (I)	kW	3,76	3,19	5,3	10,19	10,19	12,9	12,9
COP calor a + 2°C/+ 35°C (I)		3,32	2,97	3,46	3,2	3,2	3,27	3,27
Potencia calorífica a - 7°C/+ 35°C (II)	kW	2,83	4,35	5,60	8,09	8,09	9,83	9,83
COP calor a - 7°C/+ 35°C (II)		2,8	2,57	2,71	2,88	2,88	2,75	2,75
Potencia eléctrica absorbida a + 7°C/+ 35°C (II)	kWe	0,87	1,43	1,82	2,45	2,45	3,47	3,47
Intensidad nominal (II)	A	4,11	6,57	8,99	11,41	3,8	16,17	5,39
Potencia frigorífica a + 35°C/+ 18°C (I2)	kW	3,84	4,69	7,9	11,16	11,16	14,46	14,46
COP frío a + 35°C/+ 18°C (I2)		4,83	4,09	3,99	4,75	4,75	3,96	3,96
Potencia eléctrica absorbida a + 35°C/+ 18°C (I2)	kWe	0,72	1,15	2,0	2,35	2,35	3,65	3,65
Eficiencia energética estacional de calefacción de espacios* (I6)	%	131	137	136	132	132	130	130
Eficiencia energética estacional de calefacción de espacios* (con sonda exterior) (I7)	%	133	139	138	134	134	132	132
Caudal nominal de agua a $\Delta t = 5$ K	m³/h	0,68	1,00	1,36	1,96	1,96	2,53	2,53
Altura manométrica dispon. a caudal nominal a $\Delta t = 5$ K	mbar	680	620	480	120	120	-	-
Caudal de aire nominal	m³/h	2100	2100	3300	6000	6000	6000	6000
Tensión de alimentación del grupo exterior	V	230 V mono	230 V mono	230 V mono	230 V mono	400 V tri	230 V mono	400 V tri
Intensidad de arranque	A	5	5	5	5	3	6	3
Potencia sonora (I3)/Potencia sonora (I4)	dB(A)	62,4/48,8	64,8/48,8	66,7/48,8	69,2/47,6	69,2/47,6	69,7/47,6	69,7/47,6
Fluido frigorífico R 410 A	kg	2,1	2,1	3,2	4,6	4,6	4,6	4,6
Conexión frigorífica (líquido-gas)	pulgadas	1/4-1/2	1/4-1/2	3/8-5/8	3/8-5/8	3/8-5/8	3/8-5/8	3/8-5/8
Longitud máxima precargada	m	10	10	10	10	10	10	10
Capacidad acumulador a.c.s.	l	180	180	180	180	180	180	180
Superficie de intercambio	m²	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Capacidad intercambiador del acumulador a.c.s.	l	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
Volumen de agua máx. utilizable (Vmax) (I5)	l	249	247	251	231	231	231	231
Tiempo de calentamiento (th) (I5)	h	1 h 54	2 h 00	1 h 58	1 h 33	1 h 33	1 h 11	1 h 11
Potencia absorbida en régimen de estabilización (Pes) (I5)	W	35	35	35	35	35	37	37
COP _{DHW}		2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Eficiencia energética calentamiento acs según reglamento n° 811/2013	%	106	106	106	106	106	106	106
Perfil de demanda acs	L	L	L	L	L	L	L	L
Temperatura de acs de referencia (wh)	°C	56,1	55,8	54,1	54,1	54,1	53,4	53,4
Peso sin carga grupo exterior /Peso acumulador a.c.s.	kg	42/129	42/129	75/129	118/131	118/131	130/131	130/131

(I) Modo calor: temp. aire exterior/temp. agua a la salida, prestaciones según EN 14511-2.

(2) Modo frío: temp. aire exterior/temp. agua a la salida, prestaciones según EN 14511-2.

(3) Unidad exterior.

(4) Unidad interior.

(5) Cido de extracción según EN 16147: L.

(6) Con temperatura media, de acuerdo con el reglamento (UE) n° 813/2013.

(7) Con temperatura media de acuerdo con el Reglamento (UE) n° 811/2013.

* Con temperatura media

